

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

#### Scribing dans le contexte éducatif pour la transmission d'informations

Ruiz Sanchez, Carlos

*Award date:*  
2020

*Awarding institution:*  
Université de Namur

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**UNIVERSITÉ  
DE NAMUR**

---

FACULTÉ  
D'INFORMATIQUE

**Scribing dans le contexte éducatif pour la  
transmission d'informations**

Carlos RUIZ SANCHEZ

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont aidé à la réalisation de cette application de scribing en contexte éducatif et à la concrétisation de ce mémoire.

Je voudrais tout d'abord remercier mes promoteurs, Benoît Vanderose et Julie Henry qui m'ont encadré, guidé et aidé tout au long de cette aventure. Je voudrais tout particulièrement remercier Julie Henry pour le temps qu'elle m'a consacré, autant lors des séances de tests que lors de la relecture du mémoire.

Je voudrais également remercier ma famille et mes amis qui m'ont soutenu tout au long de cette période.

**Architecture: Carlos Ruiz Sanchez**



**Analyse: Carlos Ruiz Sanchez**



**Implémentation: Carlos Ruiz Sanchez**



**Qualité: Carlos Ruiz Sanchez**



**Scrum master: Carlos Ruiz Sanchez**



**Support: Carlos Ruiz Sanchez**



**Promoteur : Benoît Vanderose**



**Co-Promoteur : Julie Henry**



## Résumé

Il y a un intérêt croissant pour l'utilisation des techniques de pensée visuelle pour promouvoir la pensée conceptuelle dans les tâches de résolution de problèmes ainsi que pour réduire la complexité des idées, et pour les transmettre de manière optimale.

Les outils de scribing promeuvent la pensée visuelle et, en ce sens, constituent une alternative intéressante au classique « cours supporté par des slides ». Ce mémoire présente le développement d'un tel outil, dans ses nombreuses facettes, mené tout au long de l'année scolaire 2019-2020 au sein de l'Université de Namur (UNamur).

L'outil de scribing développé a été évalué par un petit échantillon de futurs utilisateurs (7), à savoir des membres du personnel enseignant de la Faculté d'Informatique de l'UNamur, un membre du personnel technique et un ancien étudiant, ce dernier suivant la séance de scribing à distance. Les résultats extraits de ces tests aident à démontrer que l'outil permet la transmission d'informations, notamment grâce à la possibilité qu'il offre de (co)-construire le support de cours. Cette caractéristique en fait une alternative appréciée aux outils de présentation classiques (style PowerPoint), présentant une forte capacité à capter l'attention des étudiants.

## Abstract

There is a growing interest in using visual thinking techniques to promote conceptual thinking in problem solving tasks as well as to reduce the complexity of ideas, and to convey them in an optimal way.

Scribing tools promote visual thinking and, in this sense, constitute an interesting alternative to the classic "course supported by slides". This thesis presents the development of such a tool, in its many facets, carried out throughout the 2019-2020 school year at the University of Namur (UNamur).

The developed scribing tool was evaluated by a small sample of future users (7), namely members of the teaching staff of the Faculty of Computer Science of UNamur, a member of the technical staff and a former student, the latter following the remote scribing session. The results extracted from these tests help to demonstrate that the tool allows the transmission of information, in particular thanks to the possibility that it offers to (co)-construct the course material. This characteristic makes it a popular alternative to traditional presentation tools (PowerPoint style), exhibiting a strong ability to capture the attention of students.

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>6</b>
1.1	Motivation . . . . .	6
1.2	Objectif . . . . .	6
1.3	Aperçu . . . . .	7
<b>2</b>	<b>État de l’art</b>	<b>8</b>
2.1	Pensée verbale et pensée visuelle . . . . .	9
2.1.1	La pensée verbale . . . . .	9
2.1.2	La pensée visuelle . . . . .	10
2.1.3	La théorie du double codage . . . . .	17
2.2	Quelles applications pour scribe/whiteboarder ? . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Recherche</b>	<b>22</b>
3.1	Question de recherche . . . . .	22
3.2	Méthodologie . . . . .	23
3.3	Développement de l’application de scribing/whiteboarding . . . . .	23
3.4	Évaluation de l’application de scribing/whiteboarding . . . . .	25
<b>4</b>	<b>Contributions personnelles</b>	<b>27</b>
4.1	Scénarios d’utilisation . . . . .	27
4.1.1	Scénario 1 : Construire en direct le support visuel d’un cours .	27
4.1.2	Scénario 2 : Construire en direct le support visuel d’une inter- vention en conférence . . . . .	28
4.1.3	Scénario 3 : Co-construire le support visuel d’un cours avec les étudiants . . . . .	28
4.2	Analyse . . . . .	29
4.2.1	Modèle de domaine . . . . .	29
4.2.2	Buts et Contraintes Architecturales . . . . .	30
4.2.3	Qualité . . . . .	31
4.3	Architecture de l’application . . . . .	33

4.3.1	Vue globale . . . . .	33
4.3.2	Application cliente (Frontend) . . . . .	36
4.3.3	Application serveur (Backend) . . . . .	39
4.3.4	Base de données . . . . .	42
4.4	L'interface de l'application . . . . .	43
4.5	Évaluation . . . . .	49
4.5.1	Évaluation heuristique . . . . .	49
4.5.2	Évaluation d'utilisabilité . . . . .	52
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>61</b>
5.1	Conclusion sur la Question de recherche . . . . .	61
5.2	Travaux futurs . . . . .	62
<b>A</b>	<b>Brainstorming</b>	<b>64</b>
<b>B</b>	<b>Prototype papier</b>	<b>66</b>
<b>C</b>	<b>Retranscription</b>	<b>69</b>
<b>D</b>	<b>Travaux Futurs</b>	<b>85</b>

# Chapitre 1

## Introduction

### 1.1 Motivation

Le corps enseignant de l'Université de Namur souhaite disposer d'un outil leur permettant de transmettre l'information, lors des cours, de façon plus interactive. Il souhaite, en d'autres mots, quitter la formule classique « cours supportés par des slides » pour aller vers quelque chose de (co)-construit directement en classe, alliant pensée verbale et pensée visuelle.

Le sketchnoting a rapidement été cité, bien que peu d'enseignants y soient formés. Cependant, il apparaît clairement que ce type de communication possède de grands atouts par rapport à la problématique posée, notamment celle de capter l'attention des étudiants. Il s'est avéré par la suite que le scribing était plus approprié à la problématique. Toutefois, cette notion n'est pas complètement distincte du sketchnoting.

### 1.2 Objectif

Ce mémoire vise à démystifier le scribing, et plus globalement les différents outils de pensée visuelle, en vue d'en développer un répondant aux besoins spécifiques du corps enseignant de l'Université de Namur.



## 1.3 Aperçu

Ce mémoire comporte cinq chapitres, incluant l'introduction.

Dans le chapitre 2, une explication des différents types de pensée, la pensée visuelle et la pensée verbale, permet d'avoir une compréhension de leur impact sur la transmission et la cognition de l'information. Finalement, un récapitulatif de différentes applications existantes sur le marché clôture ce chapitre.

Le chapitre 3 présente la problématique et les méthodologies mises en place pour y répondre.

Le chapitre 4 décrit les contributions personnelles. Ce chapitre contient l'analyse, une présentation de l'interface, l'architecture mise en place, une évaluation ainsi que différents scénarios d'usage ayant dirigé le développement de l'outil.

Le chapitre 5 reprend et commente les éléments de réponse obtenus grâce aux évaluations, ainsi que quelques pistes de travaux futurs.

# Chapitre 2

## État de l'art

Dans un premier temps, cet état de l'art a pour objectif d'introduire les notions théoriques que sont la **pensée verbale**, la **pensée visuelle** et la **théorie du double codage**. Ces notions justifient à elles seules l'intérêt de développer une application facilitant la (co-)construction en direct d'un support destiné à faciliter la compréhension.

En seconde partie, une recherche a été effectuée pour répertorier une série d'applications répondant partiellement aux besoins exprimés par les promoteurs de ce mémoire. Ces applications ont ensuite été analysées et comparées pour que puissent en être extraits les manquements à combler.

## 2.1 Pensée verbale et pensée visuelle

Le cerveau est séparé en deux parties, l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit, possédant chacune certaines particularités, à savoir :

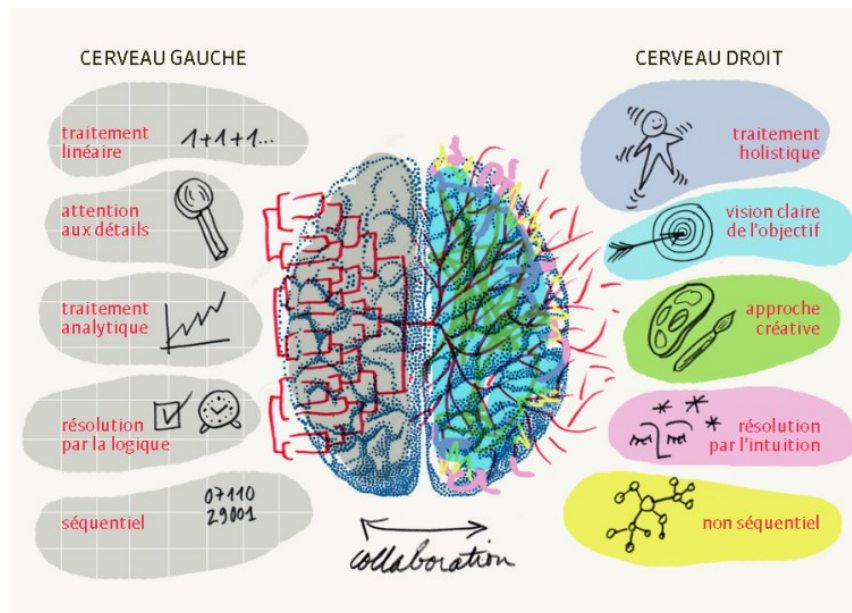


FIGURE 2.1 – Les deux hémisphères du cerveau et leurs caractéristiques - src : <https://thejoyfulway.lu/a-quoi-sert-la-pensee-visuelle-de-la-finalite-a-la-beaute>

Si chaque individu utilise les deux parties du cerveau, une prédominance de l'une des parties existe : certains utilisent plus l'hémisphère gauche (pensée verbale) et d'autres, plus l'hémisphère droit (pensée visuelle).

### 2.1.1 La pensée verbale

La société actuelle favorise un mode de pensée verbale ou linéaire. Ce constat est notamment flagrant dans les écoles. Nous sommes formés/forcés à penser de manière linéaire, et ce peu importe notre prédominance. De ce fait, les penseurs visuels (ayant une prédominance de l'hémisphère droit) sont défavorisés, que ce soit dans le monde professionnel ou éducatif.

Par définition, la pensée linéaire est séquentielle, basée sur un raisonnement qui se déroulera par étape pour résoudre un problème ou réaliser une tâche. Cette pensée vise à obtenir la meilleure réponse, ou le plus souvent la réponse correcte, à une

problématique. Par ailleurs, celle-ci doit idéalement mener à une réponse unique, pour ne laisser aucune place à l'ambiguïté. La pensée linéaire est donc la plus efficace dans les situations où la réponse facile existe et doit simplement être rappelée ou élaborée au moyen de stratégies de prise de décision (exemple, les questionnaires à choix multiples).

Ce type de pensée met l'accent sur :

- La rapidité
- La précision
- La logique
- La ré-application
- La reconnaissance des techniques connues
- L'accumulation des informations stockées

## 2.1.2 La pensée visuelle

La pensée visuelle se base essentiellement sur le traitement des informations en image. En tangibilisant des idées complexes, ce type de pensée en facilite le décodage, la mémorisation, mais aussi la manipulation.

Dans ce contexte, l'information est non-linéaire et supportée par des liens entre mots-clés et image. Bien qu'adaptée au fonctionnement non linéaire de l'hémisphère droit du cerveau, la pensée visuelle stimule les deux hémisphères en associant les idées entre elles. On parle aussi de pensée en arborescence.

### Les avantages et les limites de la pensée visuelle

La pensée visuelle n'est pas très efficace dans le cadre scolaire tel que défini par la société actuelle. Alors qu'un penseur linéaire (verbal) peut se centrer sur une seule idée à la fois sans être distrait par d'autres idées, le penseur visuel va foisonner d'idées et, de ce fait, risquer d'être déconcentré voir même hors sujet. De plus, il peut être en difficulté lorsqu'il s'agit d'organiser ses idées en un plan structuré.

Mais son inefficacité en contexte scolaire ne rend pas la pensée visuelle moins intéressante. En effet, celle-ci possède de grandes qualités.

**Elle simplifie l'information.** La pensée visuelle permet de faire des liens entre les idées qui sont exprimées, par des mots et des dessins, Parce que la représentation visuelle n'aime pas la complexité, elle oblige à se focaliser sur l'essentiel.

**Elle favorise la rapidité d'analyse.** Certaines études [23] rapportent que notre cerveau peut traiter les données visuelles 60 000 fois plus vite que le texte, tout en étant capable d'identifier des images en l'espace de seulement 13 millisecondes.

**Elle aide à la mémorisation.** La pensée visuelle aide à la mémorisation, grâce aux différentes combinaisons de couleurs, de mots, d'illustrations, ainsi qu'aux différents liens que nous avons dû mettre en place.

**Elle capte l'attention.** La performance en live, à savoir le fait de voir des informations complexes prendre forme devant nos yeux, renforce l'attention.

**Elle facilite la collaboration.** La pensée visuelle aide à se mettre d'accord sur la représentation que chacun se fait du problème : les conversations gagnent alors en transparence et clarté.

### Le processus de pensée visuelle

Dan Roam [18] définit quatre étapes dans le processus de pensée visuelle :

1. « **Regarder** »  
Nous observons notre environnement, ce qui se trouve autour de nous afin d'en extirper la vision la plus globale possible.
2. « **Voir** »  
Nous sélectionnons parmi les informations qui nous entourent celles qui méritent d'être approfondies, reconnaissons des schémas existants, cherchons les points communs et les différences et organisons ces informations.
3. « **Imaginer** »  
Nous manipulons mentalement les informations, les réorganisons pour leur donner plus de sens, imaginons ce qui n'existe pas et créons des liens entre toutes ces informations.
4. « **Montrer** »  
Nous avons donné un sens aux éléments, il s'agit maintenant de les montrer aux autres pour qu'ils les comprennent.

Ce processus n'est pas systématiquement linéaire. Il s'agit plutôt d'un processus cyclique : l'étape regarder et l'étape voir s'enrichissent l'une et l'autre ; l'étape imaginer fait un pont entre la collecte de l'information et l'étape montrer. À partir du moment où les idées sont montrées, le public commence son propre processus de pensée visuelle. C'est un processus infini. (voir figure 2.2)

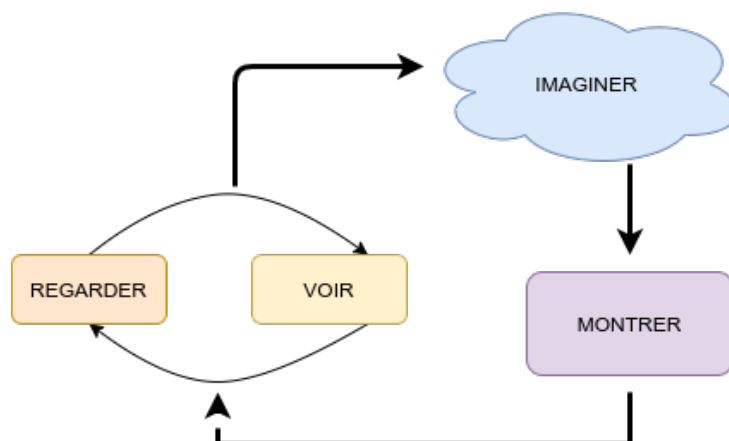


FIGURE 2.2 – Les quatre étapes du processus de pensée visuelle

### La boîte à outils de la pensée visuelle

Les spécialistes semblent formels, même si nous transmettons rapports, comptes rendus et documents sous forme de textes compacts, nous sommes plus aptes à percevoir au travers des formes et des couleurs. Ainsi, d'après Magalie Gall [13], « Nous ne pensons pas de manière linéaire et séquentielle, cependant toute information nous est communiquée sous cette forme. Nous sommes donc contraints de communiquer d'une manière qui restreint nos capacités à penser ». Sunni Brown [1] va dans le même sens, annonçant que plus de 60% de la population serait sensible à la pensée visuelle. C'est pourquoi une des étapes cruciales du processus de pensée visuelle est de « Montrer ».

Différentes méthodes de facilitation graphique existent, dont quatre particulièrement intéressantes dans un contexte d'éducation sont présentées ici : le mind mapping, le scribing, le whiteboarding et le sketchnoting. Ces méthodes possèdent par définition les qualités associées à la pensée visuelle.

Le mindmapping permet de visualiser les relations qui existent entre les idées sous forme d'une hiérarchie d'associations. La cartographie obtenue est appelée carte mentale ou carte heuristique. Le mindmapping connaît un fort succès, notamment dans le domaine de l'éducation [6, 3, 9]. Il permet de mieux structurer l'information, de planifier, d'évaluer ou encore d'étudier (en facilitant la mémorisation). Son principe est simple : partir d'une idée principale et affiner les pensées par thématique en utilisant des connexions, des bulles, des images et très peu de mots.

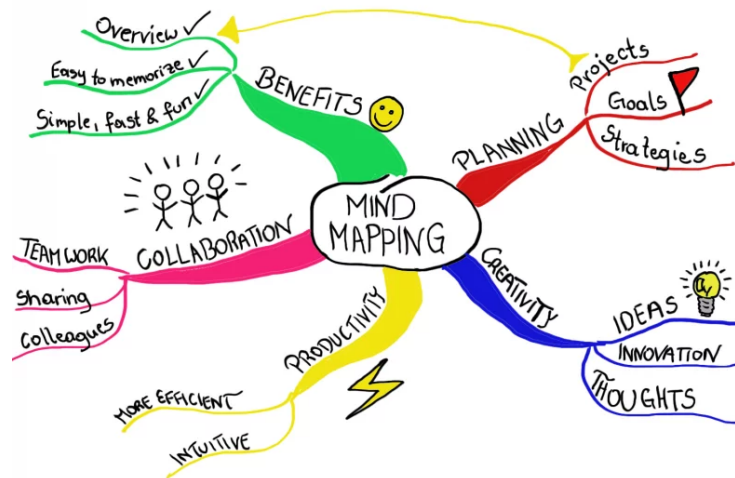


FIGURE 2.3 – Exemple d’une carte mentale - src : <https://www.mindmeister.com/blog/why-mind-mapping/>

Le **scribing** consiste à illustrer des propos en direct, devant un public. Cette technique s’apparente à la traduction d’un discours en visuels : des phrases courtes, des métaphores visuelles, mais pas de mots-clé qui empêchent de se souvenir du contexte. Là où les conversations vont dans tous les sens, le scribing permet de créer une vision collective qui retrace le chemin de chaque élément de la conversation pour ne pas en perdre les informations importantes.

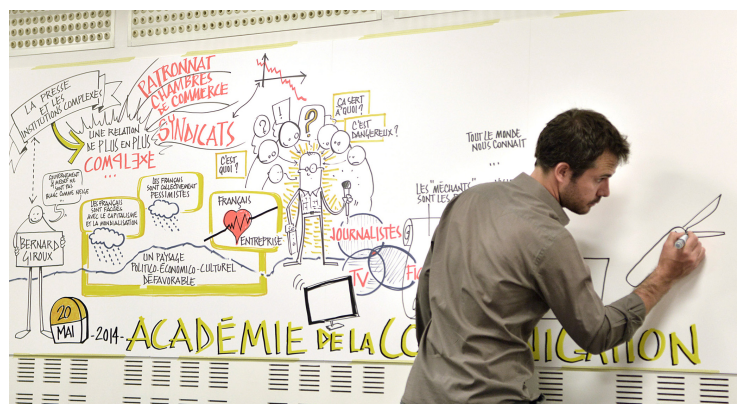


FIGURE 2.4 – Exemple de Scribing - src : <http://www.talents-coach.com/jobdedemain-la-facilitation-graphique-au-service-du-management-et-de-lapprentissage/>



FIGURE 2.5 – Exemple de Scribing - src : <http://facilitation-graphique-scribing.com/>

Le **whiteboarding**, ou animation sur tableau blanc, est une méthode alternative de scribing qui peut être définie de deux façons.

La première définition met l'accent sur la **collaboration**, à savoir qu'il n'y a pas un unique scribeur. Chaque personne visionnant la séance de scribing peut participer activement à la création de la vision collective, en temps réel.



FIGURE 2.6 – Un exemple de Whiteboarding - src : <https://www.alamy.com/stock-image-illustration-of-brain-and-science-graphic-on-chalkboard-168806617.html>



La deuxième est en réalité une technique de **vidéo scribing**. Il s'agit de raconter une histoire en filmant la main d'un illustrateur en train de dessiner à main levée au feutre, les différentes scènes, sur un tableau blanc. Les vidéos produites sont courtes et doivent être dynamiques : en 2 à 3 minutes maximum votre message doit être compris et mémorisé par le public. Cette technique s'inscrit parfaitement dans une démarche de storytelling dont les bénéfices dans l'éducation ne sont plus à prouver.



FIGURE 2.7 – Exemple de vidéo scribing - src : <https://www.video-scribing.fr/>

Enfin, le **sketchnoting** est une technique de prise de notes personnelles sous forme de dessins (avec ou sans annotations). C'est également une alternative au scribing, avec lequel le sketchnoting est souvent confondu. Si, par définition, le sketchnoting n'a pour but d'être divulgué et partagé (contrairement au scribing), il l'est cependant de plus en plus, notamment dans le domaine de l'éducation [17, 22, 15].

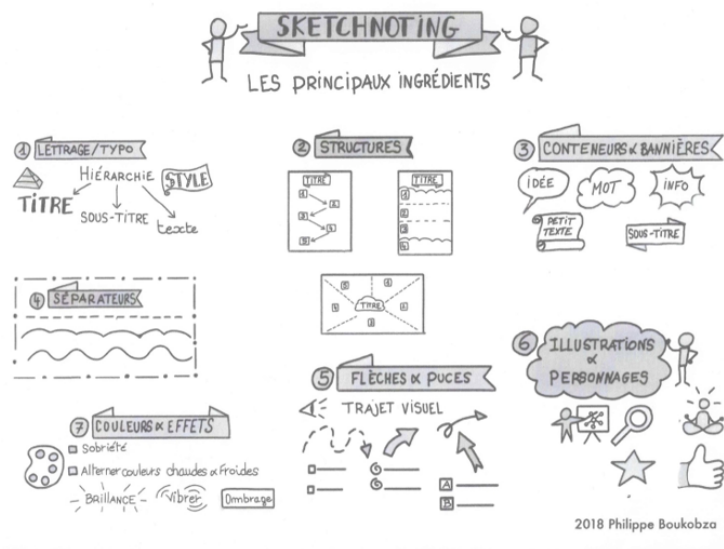


FIGURE 2.8 – Exemple de sketchnoting - src : <https://www.enseignons.be/2019/06/12/le-sketchnoting-une-autre-facon-de-prendre-note/>

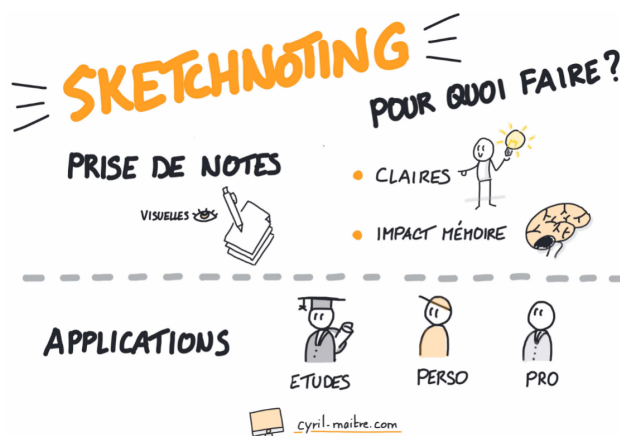




FIGURE 2.9 – Exemple de sketchnoting - src : [https://cyril-maitre.com/p-sketchnoting\\_la\\_prise\\_de\\_notes\\_visuelles](https://cyril-maitre.com/p-sketchnoting_la_prise_de_notes_visuelles)

Ces différentes méthodes de facilitation graphiques ne sont pas cloisonnées et il n'est pas rare, par exemple, d'utiliser des cartes conceptuelles dans des séances de sketchnoting. Par ailleurs, bien que les différences entre deux méthodes soient parfois floues, les définitions données ici fixent le vocabulaire utilisé dans ce mémoire. Les besoins exprimés par les promoteurs vont dans le sens d'une application de scribing et/ou de whiteboarding, au sens collaboratif.

Si notre environnement regorge de signes, de symboles, de pictogrammes, il faut avoir conscience que certains sont universellement compréhensibles, alors que d'autres sont liés à un secteur précis. Leur choix n'est donc pas anodin. Par exemple, le

pictogramme  est compris de tous. Par contre, le pictogramme  a une signification liée au domaine de l'informatique. Il représente la création d'une branche dans un gestionnaire de versions (tels que git).

De plus, la sémantique d'une représentation graphique change en fonction de la thématique dans laquelle elle est utilisée. Ainsi, un "cookie" est selon le contexte un délicieux biscuit au chocolat, ou un stockage des données fortement utilisé dans les applications web.

### 2.1.3 La théorie du double codage

*Notre type de pensée est-il fixé à l'enfance ? En d'autres mots, sommes-nous coincés dans un seul type de pensée ? Ne peut-on pas profiter à la fois de la puissance de la pensée verbale et des avantages de la pensée visuelle ?*

Si une image a un impact fort sur la compréhension et la mémorisation, cette même image associée à des termes utilisés pour développer un discours donnera un résultat encore plus marquant.

Dans les années 70, Alan Paivio [16] met en évidence la théorie du double codage, à savoir que les mots concrets ont plus de probabilité de susciter une image mentale que les mots abstraits. En d'autres mots, nous nous souvenons plus facilement des mots concrets parce que nous les associons à des images. Le double codage met donc en évidence que l'avantage d'associer pensée verbale et pensée visuelle. Bien entendu, les images doivent être en cohérence avec les mots utilisés.

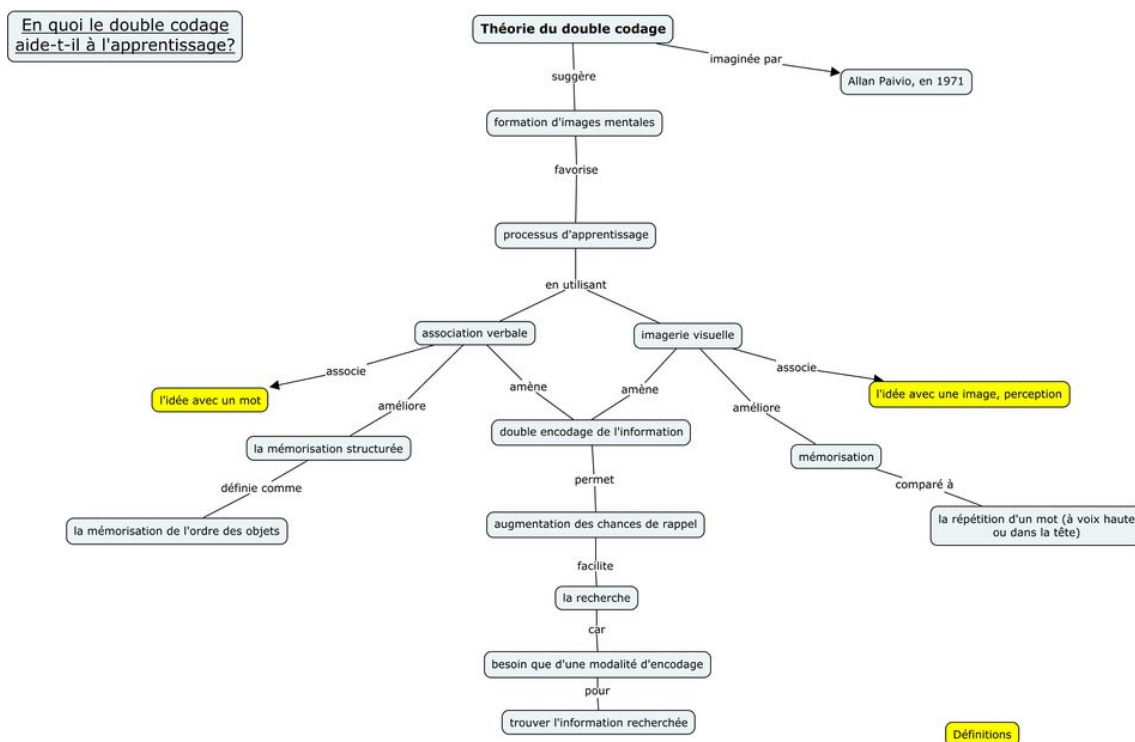


FIGURE 2.10 – La théorie du double codage [2] - src : [http://edutechwiki.unige.ch/fr/Apprentissage\\_multim%C3%A9dia](http://edutechwiki.unige.ch/fr/Apprentissage_multim%C3%A9dia))

Le principe majeur de de cette théorie consiste à **combiner le support verbal** (texte écrit, oral) **avec un support visuel** (image), parce que :

- **Les images sont souvent mieux mémorisées que les mots.** Notre hémisphère droit, autrement dit 50% de notre cerveau, est dédié au traitement des images. L'utilisation des images est donc devenue une part importante de la mémorisation.
- **La combinaison d'une information textuelle avec une information visuelle améliore l'apprentissage.** Nous traitons l'information verbale et l'information visuelle à travers des canaux différents. Avoir la même information mémorisée sous deux formats différents, verbal et imagé, donne deux façons de se souvenir de cette information.

Les limites de cette théorie se situent notamment dans la croyance que la cognition ne se fait pas autrement que via des mots et/ou des images. De plus, la théorie n'est valable que pour les tests au cours desquels on demande aux personnes de se concentrer afin d'identifier la façon dont les concepts se relient entre eux. Si l'on ne peut pas former d'associations entre un mot et une image, la codification est plus

difficile.

Dans le cadre de ce mémoire qui souhaite allier pensée verbale et pensée visuelle et qui vise à lier entre eux des concepts dans un objectif de compréhension, la théorie du double codage est parfaitement justifiée. Bien qu'ayant conscience de ses limites, nous n'avons donc pas considéré celles-ci.

## 2.2 Quelles applications pour scrire/whiteboarder ?

Bien que souvent développées pour être dédiées à une tâche spécifique, les applications sont régulièrement détournées par les utilisateurs. On peut parler de catachrèse numérique, à savoir que la tâche dédiée d'une application est étendue. Ainsi, une application d'édition d'image pourrait bien être utilisée pour scrire, bien que cette utilisation n'ait pas été pensée par le développeur.

Un état des lieux a été réalisé, permettant de collecter une série d'applications ayant un intérêt dans le contexte de ce mémoire (voir Tableau 2.2). Ces applications ont été évaluées selon un critère simple, à savoir la possibilité pour l'utilisateur de dessiner, noter (au sens d'effectuer une prise de notes), scrire et/ou whiteboarder via les fonctionnalités disponibles. D'un point de vue technique, la plateforme sur laquelle tourne l'application a également été précisée pour répondre au besoin de collaboration avec les étudiants (et donc l'intérêt d'une application multiplateforme).

Les applications dédiées spécifiquement au dessin, telles que *Procreate* ou *Adobe Illustrator Drawing*, sont difficilement détournables, notamment de par le nombre important de fonctionnalités qu'elles offrent (complexité d'interactions, prise en main relativement longue). Par opposition, les fonctionnalités utiles à une prise de notes sont quasiment absentes, rendant celles-ci compliquées.

Étant donné que le scribing passe par plus que de simples dessins (fussent-ils bien réalisés), une prise de notes facilitée s'avère un élément clé de notre future application.

Les applications de prise de notes, telles que *Notability* et *GoodNotes*, permettent de dessiner à main levée, avec plus ou moins de facilité selon le matériel utilisé : écran tactile, stylet, etc. Le nombre réduit de fonctionnalités permet une prise en main rapide et intuitive. Cependant, la gestion de l'espace éditabile disponible, une fois commencée l'action de scribing, s'avère relativement complexe. Les fonctionnalités présentes ne donnent pas de solutions réellement efficaces pour pallier à ce problème.

Il n'existe pas à proprement parler d'outil spécifiquement dédié au scribing (incluant le sketchnoting que l'on peut qualifier de « scribing personnel »). Par contre, les applications de whiteboarding (que l'on peut qualifier de « scribing collaboratif »),

Application	URL	Plateforme <sup>1</sup>				Permet de			
		A	B	C	D	Dessiner	Noter	Scriber	Wboarder <sup>2</sup>
Procreate	<a href="https://procreate.art/">https://procreate.art/</a>	X				X			
Adobe Illustrator Drawing	<a href="https://www.adobe.com/">https://www.adobe.com/</a>	X	X	X		X			
Autodesk Sketchbook	<a href="https://sketchbook.com/">https://sketchbook.com/</a>	X	X	X		X			
Adobe Photoshop Sketch	<a href="https://www.adobe.com/be_fr/products/sketch.html">https://www.adobe.com/be_fr/products/sketch.html</a>	X	X	X		X			
Concept	<a href="https://concepts.app/fr/">https://concepts.app/fr/</a>	X	X	X		X			
Sketchpad	<a href="https://sketch.io/sketchpad/">https://sketch.io/sketchpad/</a>				X	X			
InspirARTion	<a href="http://intellaware.com/art/">http://intellaware.com/art/</a>		X			X			
Paper by WeTransfer	<a href="https://paper.byetransfer.com/">https://paper.byetransfer.com/</a>	X				X	X	X	
Tayasui Sketches	<a href="https://tayasui.com/sketches/">https://tayasui.com/sketches/</a>	X	X			X	X	X	
Notability	<a href="https://apps.apple.com/be/app/notability/id360593530">https://apps.apple.com/be/app/notability/id360593530</a>	X				X	X	X	
Microsoft Whiteboard	<a href="https://www.microsoft.com">https://www.microsoft.com</a>	X	X	X	X	X		X	X
Miro	<a href="https://miro.com/">https://miro.com/</a>	X	X	X	X	X		X	X
StormBoard	<a href="https://stormboard.com/">https://stormboard.com/</a>				X	X		X	X
Aww App	<a href="https://awwapp.com/">https://awwapp.com/</a>				X	X	X	X	X

TABLE 2.1 – Classification des applications permettant potentiellement de scrire et/ou whiteboarder

1. A = MacOS, B = Android, C = Windows, D = n'importe quel navigateur
2. pour Whiteboarder

telles que *Miro* ou *Microsoft Whiteboard*, disposent des fonctionnalités nécessaires pour dessiner et prendre des notes de façon aisée et intuitive. Leur plus grande faiblesse réside, semble-t-il, dans la gestion de l'espace disponible (une fois le scribing commencé). Ces applications constituent cependant la meilleure inspiration possible pour le développement de notre future application.

Il convient également de préciser que l'accès aux applications n'a pas été discuté ici, mais que la majorité d'entre elles sont payantes ou limitées, ce qui pose problème dans un contexte d'éducation.

# Chapitre 3

## Recherche

Ce mémoire fait écho à une demande particulière émanant des promoteurs : disposer d'un système permettant de créer son support de cours en direct, devant les étudiants, voir même en collaboration avec ceux-ci. Le système devait idéalement s'inspirer du mouvement sketchnoting qui faisait sa percée dans le monde de l'éducation. Il s'est avéré en outre qu'il s'agissait alors plutôt de scribing, voir de whiteboarding.

Durant un semestre, des réunions de co-design ont eu lieu avec les promoteurs avec pour objectif de disposer rapidement d'un prototype fonctionnel.

### 3.1 Question de recherche

Ce travail de recherche a pour objectif de développer une application de scribing/whiteboarding utilisable facilement dans un contexte éducatif, mais pas seulement. L'idée est d'être attentif à la facilité d'utilisation de l'application pour inciter à son utilisation, en remplacement des systèmes actuels ne favorisant pas l'interaction.

Dans ce contexte, la question de recherche posée est la suivante :

**Quelles caractéristiques une application de scribing/whiteboarding doit-elle posséder pour être utilisée comme support à la transmission d'informations ?**

Pour apporter des éléments de réponse à cette question, deux hypothèses sont formulées, en complément d'une étude des points forts et faibles de l'application :

- L'application de scribing/whiteboarding est facilement prise en main par des novices, utilisateurs avancés d'applications de présentation assistée par ordinateur (PréAO) (H1)



- L’application de scribing/whiteboarding est envisagée comme support à la transmission d’informations par des utilisateurs avancés d’applications de PréAO (H2)

## 3.2 Méthodologie

Cette recherche se veut située entre les domaines que sont le développement logiciel (avec une approche Agile) et les Interfaces Homme-Machine (IHM). Les méthodologies choisies pour concevoir l’application et valider les hypothèses sont donc logiquement issues de ces deux sous-domaines de l’informatique.

## 3.3 Développement de l’application de scribing/whiteboarding

Inspirée par deux sous-domaines que sont le développement logiciel et l’IHM, la méthodologie de développement de l’application allie l’approche Agile à la conception orientée-utilisateur (UX design) [20, 5, 4, 10].

La combinaison des deux approches permet la création rapide d’un prototype testable par des utilisateurs représentatifs, l’implication continue des utilisateurs durant tout le cycle, l’obtention d’un MVP (Minimum Viable Product) à chaque sprint.

En ce qui concerne l’UX design, c’est le processus de co-design qui a été privilégié (voir Figure 3.1). Il s’agit évidemment d’impliquer les utilisateurs finaux (ici représentés par les promoteurs) dans les différentes phases de développement d’un produit (ici, l’application de scribing/whiteboarding).

En amont de toute démarche, il a fallu cadrer la demande initiale et en comprendre le contexte. Vient ensuite la première phase, la phase d’**inspiration**. Une recherche a été effectuée sur des applications apparentées, sur les différentes techniques de facilitation graphique, entre autres. La phase d’**empathie** impose une immersion dans la réalité. Elle a consisté en des réunions où nous avons écouté les futurs utilisateurs et discuté avec eux pour identifier leurs besoins. Après une définition précise du défi à relever, il s’agit de générer des **idées**.

Cette phase consistait à la fois en des séances d’idéation personnelle, mais aussi des brainstorming avec les utilisateurs (voir Annexe A). La quatrième phase est celle de la **réalisation** : il s’agit de construire rapidement un prototype pour tester rapidement l’application auprès des utilisateurs (phase d’**évaluation**). Dans un premier, il s’agit de prototypes papier (voir Annexe B) à discuter avec les promoteurs, ensuite

des prototypes fonctionnels jusqu'à l'obtention d'un prototype pouvant être testé auprès de potentiels utilisateurs (hors commanditaires).

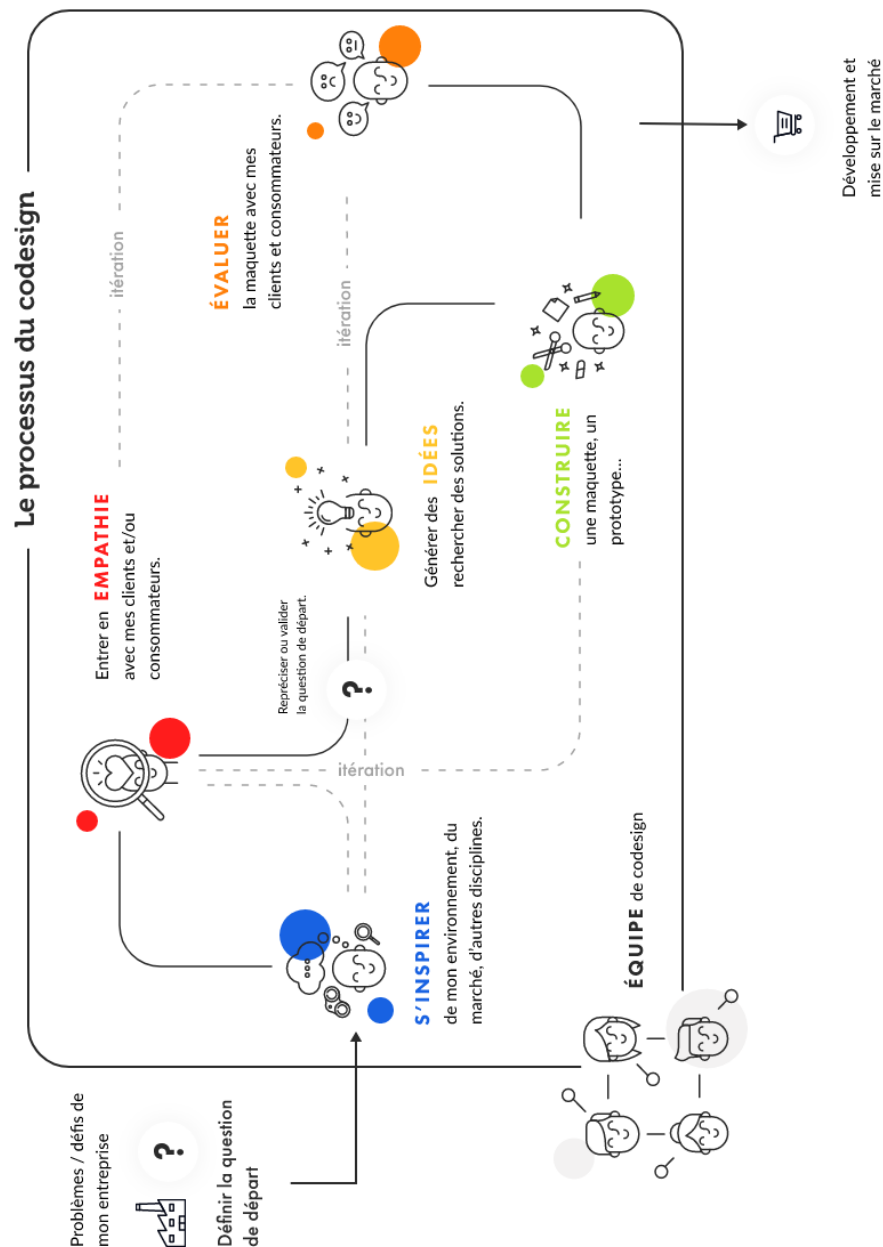


FIGURE 3.1 – Processus de co-design - src : <https://www.codesign-aliment.eu/methodologie>

Concernant la méthode Agile, c'est le cadre méthodologique Scrum qui a été choisi. Ce cadre, orienté projet informatique, privilégie la livraison rapide d'un prototype opérationnel par définition, afin que les commanditaires puissent l'évaluer.

La combinaison des deux méthodes se fait au niveau de la phase de réalisation du processus de co-design. Les itérations au sein de cette phase se font via des **sprints Scrum**, à savoir une période limitée dans le temps (4 semaines maximum) pendant laquelle une version terminée et utilisable de l'application est réalisée. Un nouveau sprint commence dès la fin du précédent. Chaque sprint a un objectif et une liste de fonctionnalités à réaliser.

### 3.4 Évaluation de l'application de scribing/whiteboarding

L'évaluation des différents prototypes développés au sein de cette recherche s'est faite de façon informelle avec les promoteurs, et de façon formelle avec un expert en IHM, puis des utilisateurs potentiels de l'application de scribing/whiteboarding.

Ainsi, une évaluation heuristique a été menée par un expert en IHM, sur base des heuristiques de Nielsen [14]. Suite à cette évaluation, des améliorations ont été apportées au prototype fonctionnel avant de le soumettre à une évaluation d'utilisabilité auprès d'utilisateurs potentiels.

Cette évaluation d'utilisabilité s'est déroulée en deux phases consécutives qui ont été menées afin de collecter des données d'utilisation sur l'application développée.

La première phase s'est déroulée avec des membres du corps enseignant, responsables de travaux pratiques en Faculté d'Informatique de l'Université de Namur, et donc susceptibles d'utiliser l'application dans ce cadre. Ceux-ci ont assisté à une séance de scribing via l'application développée. Un focus group a ensuite été mené en fin de séance. Les interactions ont été enregistrées dans leur totalité et retranscrites.

Il était ensuite demandé aux personnes présentes de prendre en main (en totale autonomie) l'application pour dispenser eux-mêmes, lors de rencontres individuelles, une séance de scribing sur un sujet de leur choix. Les testeurs disposaient pour cela de 24h.

Cette deuxième phase, reproduite autant de fois qu'il n'y avait de testeurs, avait pour objectif d'améliorer l'expérience utilisateur en mesurant le comportement et les attitudes des utilisateurs face à l'application. Il s'agit de déterminer si l'application est utilisable, utile et agréable. Des observations sur les comportements et manipulations effectuées avec l'application ont été menées et retranscrites dans un

cahier (voir Annexe C). Lorsqu'un comportement interpellait l'observateur (un des promoteurs), le testeur était interrogé sur la raison de ce comportement a posteriori. Enfin, des questions étaient posées de façon systématique à chaque utilisateur (individuellement) après qu'il ait manipulé l'application. L'ensemble des interactions ont été enregistrées (enregistrement sonore) et retranscrites.

La méthode utilisée pour analyser les verbatims obtenus est inspirée d'une étape cruciale dans la théorie ancrée [11] : le codage [21, 12]. Un codage manuel des verbatims est ainsi effectué : les verbatims sont simplifiés en étant découpés en unité de sens ; un nom est attribué à chacune de ces unités de sens ; on regroupe ces noms et l'on en analyse le contenu pour en sortir les informations pertinentes.

# Chapitre 4

## Contributions personnelles

Dans cette section se trouvent les différents scénarios qui ont influencé sur la construction de l'application.

De plus, cette application sera découpée en différents morceaux tels que l'analyse, l'architecture ainsi qu'une présentation de l'interface.

Finalement, différentes évaluations sont présentées.

### 4.1 Scénarios d'utilisation

En début de projet, les promoteurs ont exprimé leur demande notamment à travers des scénarios d'utilisation. Ce sont ces scénarios qui sont repris ici.

#### 4.1.1 Scénario 1 : Construire en direct le support visuel d'un cours

*Benoît, Professeur à la faculté d'informatique, est doué pour le dessin. Il souhaiterait avoir plus souvent l'occasion d'exprimer ses talents dans son métier. Il est lassé de donner cours en utilisant un support constitué de slides « figées », préalablement construites, qui dirigent son discours (voir le remplacent, les étudiants s'en contentant très souvent). Il rêve de construire son support de cours en direct, devant ses étudiants, en privilégiant les images de façon à ce que ceux-ci soient marqués et retiennent mieux les points importants de son cours. Son public n'est pas intéressé par la programmation. Il doit pouvoir capter leur attention et rendre son discours attractif. Son don pour le dessin peut, selon lui, l'aider à y parvenir. Il a l'habitude d'utiliser des applications d'édition de dessin professionnelle sur sa tablette graphique. Il travaille régulièrement dans une salle de classe où il dispose*

*d'un grand écran tactile disposé à l'horizontale, ce qui pourrait lui faciliter la tâche lorsqu'il sribbera (d'après lui).*

#### **4.1.2 Scénario 2 : Construire en direct le support visuel d'une intervention en conférence**

*Julie, Doctorante à la faculté d'informatique, part régulièrement en conférence. Les intervenants s'y succèdent souvent, à raison de présentation d'une vingtaine de minutes. Il est difficile de sortir du lot et d'attirer le regard de quelques spécialistes avec qui il serait intéressant de discuter. Une conférence est avant tout une opportunité de réseautage. Les interventions de Julie sont souvent assistées par des slides. Pourtant, il lui est déjà arrivé d'oser en faire plus. Elle a déjà, par exemple, inventé un petit personnage et narré son histoire pour présenter ses résultats de recherche. À la pause café, beaucoup étaient venus lui parler de ce personnage. C'était décidé, elle essaierait d'être plus originale dans sa façon d'intervenir. Malheureusement, elle n'a jamais franchi le pas... Pourtant elle dispose d'une tablette graphique et des logiciels professionnels associés, mais ces derniers sont tellement compliqués. Elle rêve d'un outil facile à prendre en main qui lui permettrait de scrire durant ses interventions. Elle a déjà suivi une initiation de sketchnoting en ce sens.*

#### **4.1.3 Scénario 3 : Co-construire le support visuel d'un cours avec les étudiants**

*Benoît espère toujours capter l'attention de ses étudiants, mais si le regarder dessiner n'était pas suffisant ? Et si la solution résidait dans le fait de permettre à chaque étudiant de participer à la création du support de cours. C'est décidé, Benoît souhaiterait également un mode collaboratif sur son outil... (sans savoir que cela s'appelle du whiteboarding).*

En conclusion de ces scénarios, il s'agit donc de développer un outil présentant deux modes d'utilisation (scribing et whiteboarding), offrant un **canvas** (zone éditale de dessin) et un panel pertinent d'outils de dessin et permettant de créer en direct (devant public) des supports de cours téléchargeables, appelés **planches**.

## 4.2 Analyse

Dans cette section se trouveront l'architecture et les choix architecturaux ainsi que leurs buts & contraintes. De plus, se trouvera une vue du modèle de domaine de l'application.

### 4.2.1 Modèle de domaine

L'analyse menée dans le cadre de ce mémoire a conduit à définir le modèle de domaine

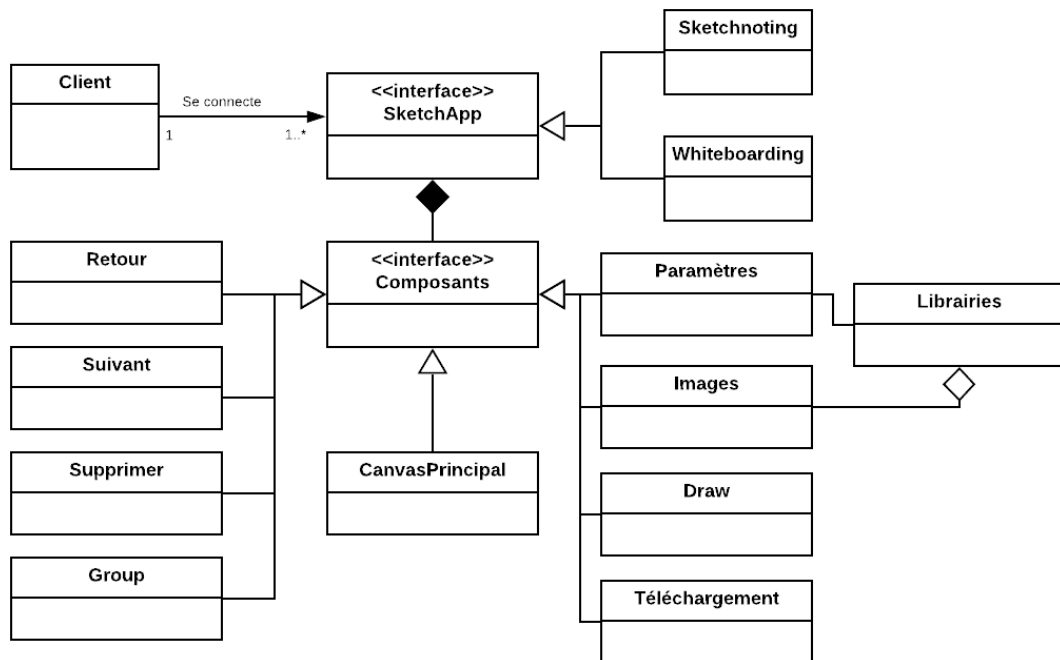


FIGURE 4.1 – Modèle de domaine de l'application

Lors de la connexion du client à l'application, ce client a le choix entre 2 possibilités, sketchnoting ou whiteboarding. Cette application est découpée en composants :

- Retour
- Suivant
- Supprimer
- Group
- CanvasPrincipal

- Paramètres
- Images
- Draw
- Téléchargement

Il existe un lien entre images, librairies et paramètres. En effet, une librairie est composée d'images.

## 4.2.2 Buts et Contraintes Architecturales

Cette section décrit les exigences logicielles et les objectifs qui ont un impact significatif sur l'architecture.

### Haute disponibilité

L'application sera disponible «24/7».

L'indisponibilité de l'application ne prend pas en compte les éléments tels que : les pannes réseaux, les interventions base de données, etc.

### Sécurité

L'application manipulera des données à caractère privé et des données dites « sensibles ». En effet, dans les versions futures de l'application, il est prévu une notion d'utilisateurs qui auront la possibilité d'avoir leurs propres espaces de travaux. Cela signifie la sauvegarde d'informations sensibles tel le mot de passe, l'adresse mail...

La confidentialité et l'intégrité de celles-ci doivent être garanties.

### Adaptabilité - Évolutivité

L'application devra être facilement modifiable, adaptable.

Pouvoir permettre à d'autres développeurs la continuité du projet.

### Utilisabilité

L'application devra être accessible sur le web. Cet accès concerne des adultes qui n'ont à priori pas besoin d'avoir de connaissances poussées en informatique pour pouvoir l'utiliser.

L'application doit être disponible sur les différents OS, y compris sur des technologies mobiles.



## Restriction de planning

Le projet sera réalisé de septembre 2019 à juin 2020.

## Restriction de ressources humaines

L'équipe de développement doit développer une application, documentation, des artefacts dans différents aspects du développement logiciel dans un laps de temps assez court.

### 4.2.3 Qualité

Cette section décrira la manière dont l'architecture logicielle contribue à toutes les qualités du système. La liste suivante est ordonnée selon l'importance apportée pour la qualité citée.

À chaque qualité est associée une liste de tactiques d'architecture.

#### Adaptabilité

*Les propriétés d'adaptabilité et d'évolutivité caractérisent la capacité d'un programme à prendre en compte de nouvelles exigences, de nouveaux besoins, à remplacer et/ou intégrer de nouveaux équipements, à corriger facilement les défauts, etc.*

Le choix mis en avant dans cette application a été le découpage en composant. En effet, les applications monolithes qui tendent vers une plus grande complexité dans le temps ne convenaient pas à une application dite « adaptable ». Chaque composant possède une interface documentée et peut donc être remplacé sans impacter les autres composants (cela permet une modification du code en douceur, avec le minimum d'impact négatif).

Différentes pratiques de développement ont été mises en oeuvre telle l'externalisation de la configuration. En effet, les configurations sont entièrement externalisées (une modification de configuration ne nécessite pas de « compiler » le code). En plus de la configuration, il a été mis en place tests (test unitaire, test d'intégrations) ainsi qu'un système d'intégrations et de livraison continue. Les composants sont livrables dans un environnement de production, sans intervention manuelle.

#### Utilisabilité

*Les utilisateurs demandent des applications plus intuitives, plus productives, plus agréables à utiliser, des applications qui s'adaptent parfaitement à leurs besoins de tous les jours. Un terme désigne la qualité d'utilisation d'une application informatique : « l'utilisabilité ».*

L'interface utilisateur est « responsive » et utilisable sur une tablette, pc-desktop, mac.

## **Disponibilité**

*La haute disponibilité (HA) anticipe les difficultés que pourrait rencontrer un internaute. Cela permettra de mettre en place des actions et des paramètres techniques, pour qu'une infrastructure informatique soit toujours en mesure de répondre à la requête d'un utilisateur.*

La mise en place d'un découplage entre la base de données et les composants métiers.

L'application peut être déployée dans un environnement Cloud, sans aucune modification.

## **Sécurité**

*La sécurité informatique est l'ensemble des moyens techniques nécessaires à la mise en place de moyens visant à empêcher l'utilisation non autorisée, le mauvais usage, la modification ou le détournement du système d'information.*

Les différents composants sont déployés dans un conteneur (docker) qui n'offre pas toutes les fonctionnalités habituellement disponibles sur un système d'exploitation. Chaque accès à une donnée sensible est enregistré dans un fichier de logs.

Dans le cadre où l'interface utilisateur guide la saisie de l'utilisation de l'application, les composants métiers, à savoir l'application client (frontend) et l'application serveur (backend) vont faire une validation systématique.

En cas de plantage de l'application, il est possible de redémarrer, externalisé, l'application en quelques secondes.

## 4.3 Architecture de l'application

### 4.3.1 Vue globale

L'application est développée sous 2 aspects architecturaux précis : REST et Websocket.

#### Representational State Transfer (REST)

**REST** (Representational State Transfer) [25] est un style d'architecture permettant de construire des applications (Web, Intranet, Web Service).

Il s'agit d'un ensemble de conventions et de bonnes pratiques à respecter et non d'une technologie à part entière.

L'architecture REST utilise les spécifications originelles du protocole HTTP, plutôt que de réinventer une surcouche (comme le font SOAP ou XML-RPC par exemple).

Il existe trois règles à suivre pour mettre en place une architecture REST :

1. L'URI comme identifiant des ressources  
REST se base sur l'URI (Uniform Resource Identifier) pour identifier une ressource.

Par exemple :

#### Listing 1: REST - URI

```
http://monsite.be/[images]
```

**images** est l'URI (Uniform Resource Identifier), qui indique les fonctionnalités disponibles pour manipuler des images au sein de l' application

2. Les méthodes HTTP comme identifiant des opérations Pour une ressource, il y a quatre opérations possibles :
  - La création caractérisée par la méthode http : **POST**
  - L'affichage caractérisé par la méthode http : **GET**
  - La mise à jour caractérisée par les méthodes http : **PUT/PATCH**
  - La suppression caractérisée par la méthode http : **DELETE**

Par exemple, pour la récupération d'une liste d'images, l'url (Uniform Resource Locator) ressemblerai à ;

### Listing 2: REST - Get Images

```
GET http://monsite.be/images
```

#### 3. Les réponses HTTP comme représentation des ressources

Les réponses que le serveur renvoie ne sont pas des ressources, mais bel et bien une représentation de ces ressources,celles-ci peuvent donc prendre différents formats : html,csv,json,xml, ...

C'est au client au moment de la requête pour la récupération/modification de la ressource qui doit demander sous quels formats il désire que cette ressource soit retournée.

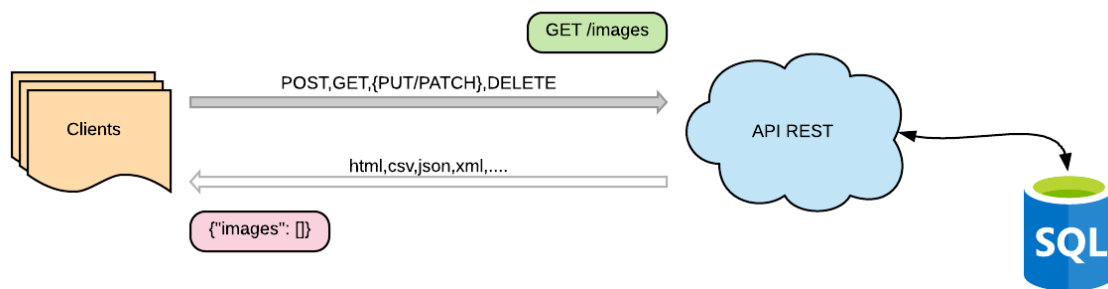


FIGURE 4.2 – Résumé d’une requête API pour la récupération d’images

## WebSocket

### Temps réel à l'aide de WebSocket [27]

Le web traditionnel fonctionne de la manière suivante : le client (le navigateur internet) envoie une requête au serveur. Le serveur, après avoir traité cette requête, retourne la réponse au client. On parle ici de mode **PULL** puisque c'est le client qui va chercher l'information.

Le web temps réel utilise le mode **PUSH**. Une fois que le client a accédé à une page web (de manière traditionnelle, en **PULL**), le serveur peut, par la suite et en fonction d'événements, envoyer des informations au client et vice versa, sans avoir à recharger la page.

Le WebSocket permet une communication bi-directionnelle full-duplex entre client et serveur. Grâce à cette technologie, le serveur est capable d'envoyer des informations aux clients sans nécessairement recevoir une notification de ces clients.

Il est rare dans des applicatifs web d'avoir ce type de mélange, à savoir du temps réel (websocket) et en asynchrone (REST), il a été décidé d'utiliser les deux. En effet, l'application existe sous deux modes de fonctionnement à savoir :

1. *Scribing*
2. *Whiteboarding*

Qui ont leurs propres limitations et scopes.

Le *scribing* n'a pas besoin de temps réel et donc plus apte à utiliser les API REST pour un minimum d'impact sur le réseau.

Donc le *whiteboarding* demande un travail collaboratif en temps réel. N'a pas la possibilité d'utiliser les API REST.

Le WebSocket est la technologie, existant dans la plupart des navigateurs récents et permettant une connexion bi-directionnelle en temps réel.

### 4.3.2 Application cliente (Frontend)

Cette partie décrit ce qui a été mis en place pour le développement de l'application du côté client.

#### Framework

Dans le monde du web, il existe énormément de *framework*.

Un *framework* (cadre de travail), c'est un ensemble de composants qui structurent une application. Cela induit des contraintes lors du développement, mais rend l'application aussi plus rapide à développer.

La mise en place d'un framework permet de poser un cadre et d'obtenir un code structuré, aidant à la maintenance.

Parmi les multitudes de frameworks existants (angular, meteor, ember, react, vue.js, ... ) le choix s'est porté sur vue.js [30, 29].

En effet, l'équipe possède des compétences poussées dans ce framework.

Il est vrai que React et Angular sont bien à la mode et ont fait leurs preuves.

Cependant, Vue.js donne de meilleures performances, une plus grande flexibilité dans l'architecture, un code clean, bien découpé et une intégration ultra-simple. (voir figure 4.3)

Finalement, ce framework possède une courbe d'apprentissage forte. C'est à dire, facilement appréhendable, même par des néophytes, ce qui permettra une prise en main future, par d'autres développeurs.

<u>Name</u>	angular- v4.1.2- keyed	react- v15.5.4- redux- v3.6.0	vue-v2.3.3- keyed
<b>ready memory</b> Memory usage after page load.	4.8 ± 0.0 (1.3)	4.9 ± 0.1 (1.3)	3.8 ± 0.0 (1.0)
<b>run memory</b> Memory usage after adding 1000 rows.	10.9 ± 0.1 (1.4)	10.8 ± 0.1 (1.4)	7.5 ± 0.1 (1.0)

FIGURE 4.3 – src : <https://www.zcfy.cc> - Comparaison vue.js, react, angular

## Gestionnaire de paquet

Webpack [24], est la concaténation de deux mots web + pack, faire un paquet de fichiers prêts pour le web.

Webpack s'occupe uniquement de ressources JavaScript.

Cet outil propose un système de chargement qui permet de transformer n'importe quel fichier en ressource JavaScript.

Ainsi, tout est consommable en tant que module.

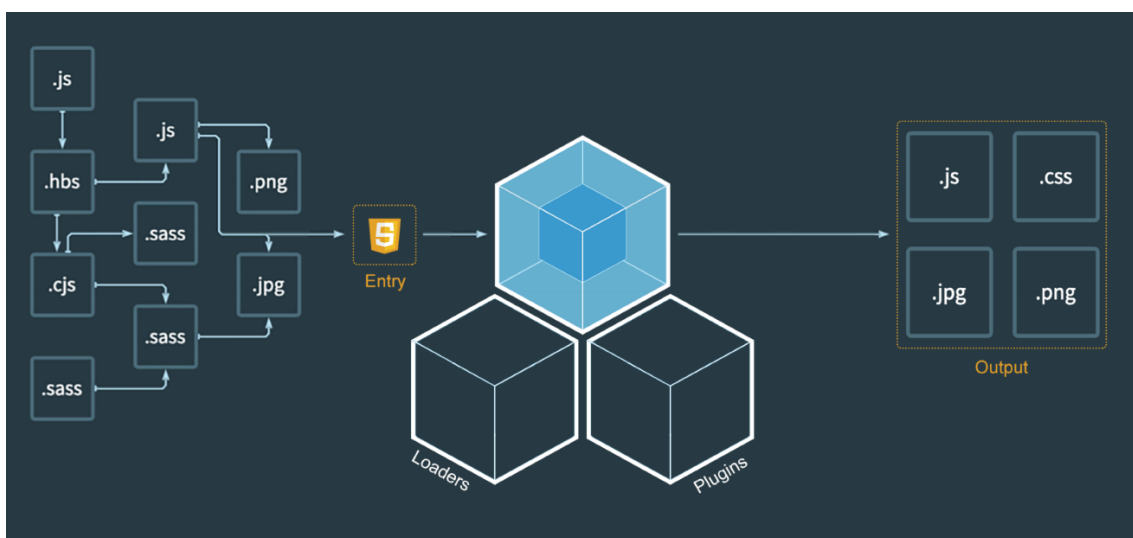


FIGURE 4.4 – src : <https://webpack.js.org/> - Génération de paquet prêt pour le web

La configuration de webpack propose deux modes par défaut. Les deux modes proposent des forces intéressantes.

En mode développement, l'activation du watch mode permet de relancer l'applcatif au moindre changement.

En mode production, la minification de chaque ressource et le regroupement en modules, permet de diminuer le transit réseau et d'améliorer les performances de l'application web.

## Librairie

Lors du choix de la librairie qui permet de dessiner, annoter, créer des canvas, des images, le choix s'est porté sur Fabric.js [7]

Fabric.js, possède selon nous trois avantages :

- Courbe d'apprentissage  
Facile à prendre en main, les fonctionnalités sont bien pensées, documentation très bien faite.  
Cela permet une prise en main rapide et fonctionnelle.
- Fonctionnalité  
Cette librairie possède tout ce que nous avons besoin pour notre application. C'est à dire, la création d'images, la gestion de ces images, la gestion de canvas.
- Performance  
Extrêmement performante, même si c'est une librairie Javascript (souvent qualifiée de lente), avec l'évolution technologique actuelle, il est plus qu'apte pour couvrir tous nos besoins sans pénaliser les utilisateurs.  
En effet, la manipulation d'image demande normalement de longs processus de calcul, de ce fait les clients possédant une machine de puissance moyenne ne peuvent faire fonctionner de telles applications.

Cependant, Fabric.js est non natif à Vue.js.

Dès lors, il nous faudra implémenter les différentes interfaces, classes, objets nécessaires pour le bon fonctionnement de cette librairie dans vue.js.



### 4.3.3 Application serveur (Backend)

Cette partie décrit ce qui a été mis en place pour le développement de l'application du côté serveur, appelé aussi « back-end ».

#### Language de programmation

Au moment du développement d'une application, il vient toujours le moment du choix du langage de programmation qu'on va mettre en place.

Pour faire ce choix, il y a généralement différents critères tels :

- L'expériences des développeurs
- Les bénéfices du langage choisis pour l'application
- Les vieillesse et modernité d'un langage
- Les communauté et popularité
- Les frameworks et librairies disponibles
- Sa facilité d'apprentissage

Le langage à python a principalement été choisi pour la maîtrise que nous en avons, sa prédominance dans le monde du développement (voir figure 4.5) et la disponibilité des librairies choisies.

Apr 2020	Apr 2019	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		Java	16.73%	+1.69%
2	2		C	16.72%	+2.64%
3	4	▲	Python	9.31%	+1.15%
4	3	▼	C++	6.78%	-2.06%

FIGURE 4.5 – src : <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

## Framework

Flask [8] est un micro-framework python facile et simple qui permet de faire des applications web évolutives.

Un micro framework est un framework qui tente de fournir uniquement les composants absolument nécessaires à un développeur pour créer une application.

Contrairement au choix des différents frameworks, il a choisi d'être livré avec le strict minimum à savoir :

- Une très bonne documentation
- Un support de débogage intégré au serveur web
- Un micro framework doté d'une très grande flexibilité
- Un système de distribution de requête compatible REST (dit RESTful)
- Un serveur web de développement (Werkzeug)
- Un moteur de template (Jinja 2)

Dans le cas des frameworks d'applications Web, un micro-framework peut être spécifiquement conçu pour la construction d'API (Application Programming Interface) pour un autre service ou une autre application et implique donc l'absence de certains éléments out-of-the-box tels que :

- Une solution d'authentification
- Le support de base de données ou un ORM
- La gestion sécurisée de formulaires HTML
- Une interface d'administration

Dans le cadre de notre application, le micro-framework Flask va fournir l'api REST ainsi que les ressources pour faire du websocket et permettre une communication bi-directionnelle en temps réel.

## Librairie

Socket.IO, librairie permettant une communication entre une application cliente et une application serveur, autorise les connexions bi-directionnelles (client <-> serveur).

Une connexion bi-directionnelles est active quand Socket.io est dans le navigateur (frontend/application cliente), ainsi que sur le serveur (backend/ application serveur). Les données transitent essentiellement sous format codé (généralement json)

Pour établir une connexion et échanger les données entre le client et le serveur, Socket.IO utilise Engine.IO (caché dans l'implémentation). Engine.IO est utilisé sur le serveur et Engine.IO-client est utilisé pour le client.

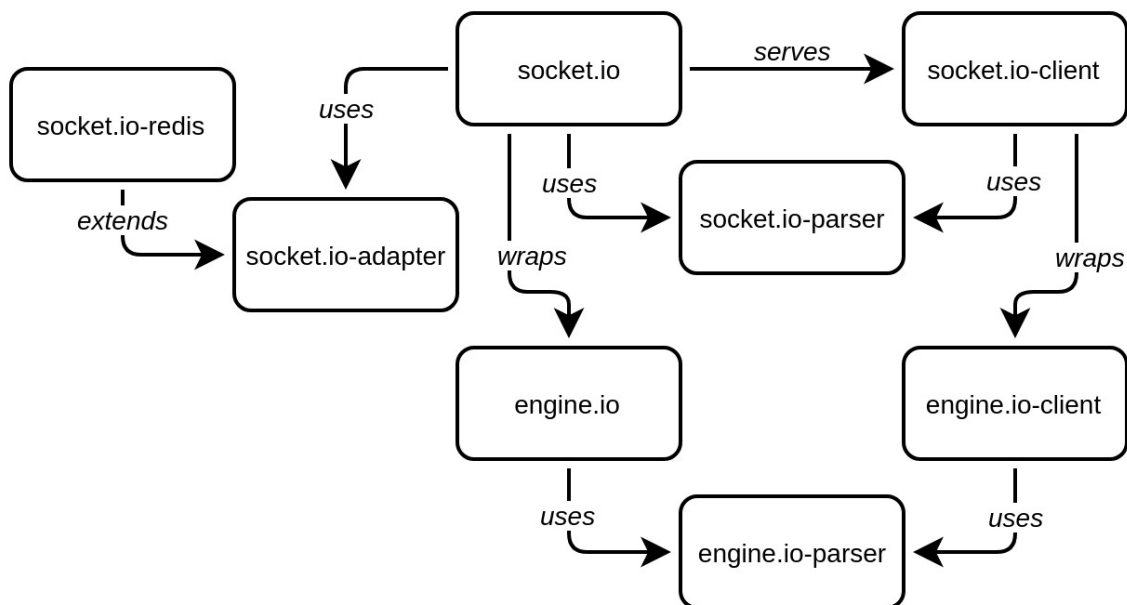


FIGURE 4.6 – src : <https://socket.io/docs/internals/> - Dépendance interne de Socket.io

Socket.IO implique l'utilisation de WebSockets. Les WebSockets sont également une implémentation de navigateur permettant une communication bi-directionnelle, cependant Socket.IO ne l'utilise pas en standard.

Tout d'abord, Socket.IO crée une connexion à l'aide d'une requête xhr [28] (XMLHttpRequest).

Ensuite, une fois cela établi, il passe à la meilleure méthode de connexion disponible. Dans la plupart des cas, cela se traduira par une connexion WebSocket.

Voici un exemple imagé qui démontre la communication bi-directionnelle :

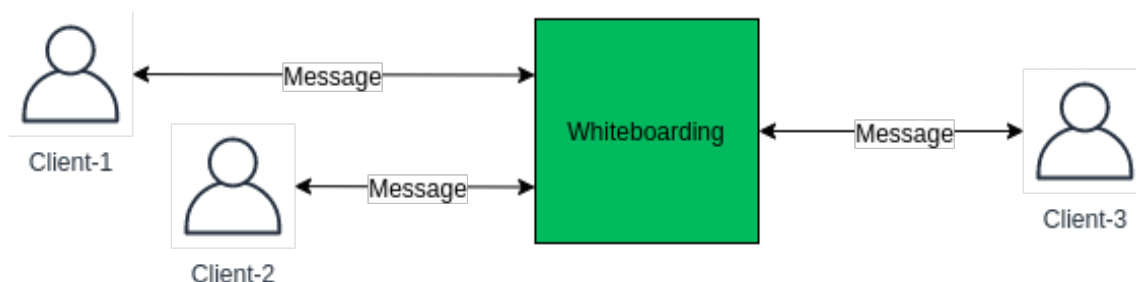


FIGURE 4.7 – Exemple de communication bi-directionnelle et multi-client

#### 4.3.4 Base de données

Les bases de données sont utilisées pour stocker, organiser et analyser les données.

##### Type

SQLite[26] est un système de base de données qui a la particularité de fonctionner sans serveur. Très léger et rapide à mettre en place, on peut s'en servir aussi bien que pour stocker des données dans une vraie base de données.

Actuellement, l'application ne nécessite que deux tables (voir figure 4.8)

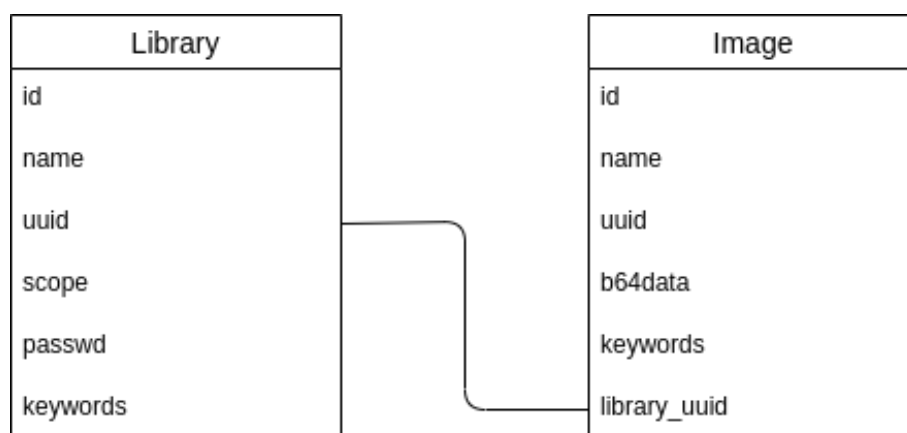


FIGURE 4.8 – Schéma de base de données de l'application

## 4.4 L'interface de l'application

Dans cette section, nous allons parcourir ensemble l'application.

### Le choix

Lors de la connexion sur l'application [19]<sup>1</sup>, nous arrivons sur la page d'accueil (voir figure 4.9) qui nous laisse face un choix ... Whiteboarding ou Sketchnoting

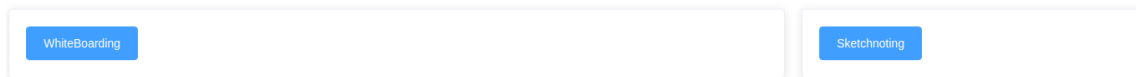


FIGURE 4.9 – src : <https://app-sketch.sysadmin.fun/#/> - Page d'accueil

Chaque choix implique une compréhension de ce que cela implique.

En effet, si on désire faire du « whiteboarding » (tableau blanc), cela signifie que l'on veut travailler en collaboration.

Cette partie permet d'avoir une vue en temps réels de la création de(s) planches.

Lors de nos tests, nous avons pu utiliser cette partie de l'application afin de faire du « scribing » à travers le réseau (à distance) sans devoir partager notre écran.

La planche apparaît petit à petit face aux clients qui sont connectés sur la plateforme.

Si au contraire, nous voulons créer une planche pour soi-même (ou pour partager à d'autres), que l'on ne désire pas d'avoir de collaboration, il suffit dès lors de prendre la partie du « sketchnoting » de notre application.

Lors de la création de notre planche, il est important de savoir à qui cela sera dédié, ces questions-ci pourront vous aider à mettre en lumière les choix que vous devriez prendre lors de la création de la planche.

- Est-ce pour une prise de note personnelle ?
- Sera-t-elle divulguée pour aider des étudiants à maîtriser une matière ?
- Dans quel contexte cette planche sera-t-elle utilisée ?

Si la planche est dédiée à une prise de note personnelle, étant donné que vous êtes le créateur de cette planche, le choix des icônes/images, la centralisation des informations vous est propre.

Si vous arrivez à la relire et à la comprendre, cela est suffisant.

---

1. Je ne peux garantir la longévité de ce lien à long terme : <https://app-sketch.sysadmin.fun/#/>

Si la planche est dédiée à être divulgué à d'autres, il est important de comprendre la puissance des images mais aussi le fait qu'une image puisse être confuse dépendant du contexte dans lequel elle est impliquée ainsi que de la combinaison des images.

Une image qui est compréhensible par soi ne l'est pas forcément pour d'autres. Il faut faire attention aux différents prérequis nécessaires pour appréhender une planche. (ex : montrer une icône d'une base de données à une personne non initié là-dedans, la planche sera incompréhensible pour cette personne)

Voici un exemple simple :



FIGURE 4.10 – Cookies, entourés de navigateurs (clairement le contexte est l'informatique)



FIGURE 4.11 – Cookies, Recette de cuisine (clairement le contexte est la cuisine)

Les deux images véhiculent des informations différentes, sur des contextes complètement différents, alors que l'information principale reste les « cookies ».

**Layout commun Sketchnoting & Whiteboarding** Chaque bouton et leur ordre de position ont un but/objectif précis.

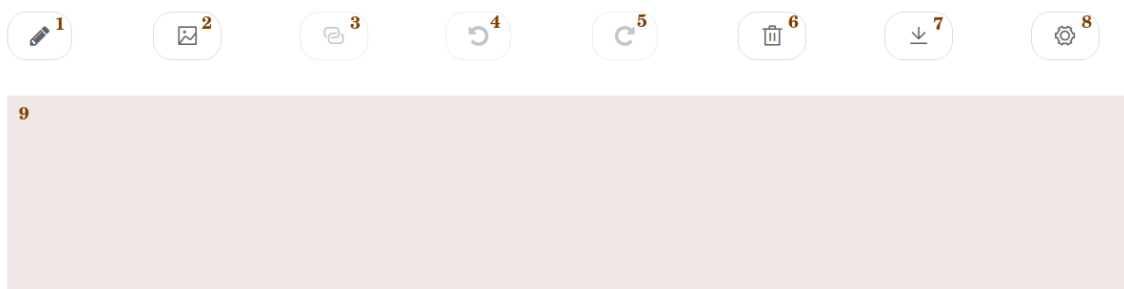


FIGURE 4.12 – Vue d'ensemble du layout principal

1. Choix du mode : dessin ou sélection. Par défaut, en mode sélection
  - Cliquer sur le bouton, permet de choisir l'épaisseur du trait. Recliquer dessus permet d'entrer dans le mode sélection, permettant de déplacer les différents objets.

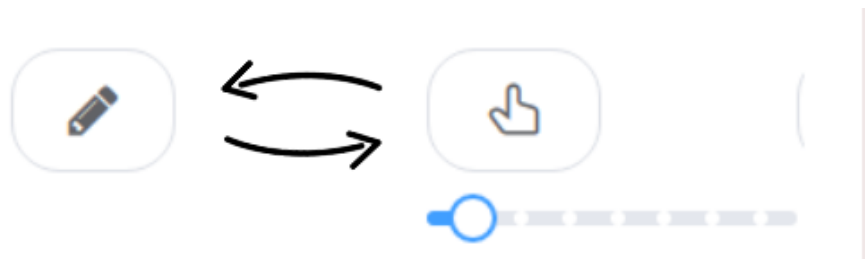


FIGURE 4.13 – Switch entre mode dessin & mode déplacement d'objet

2. Ajout d'image/icône dans la zone de dessin (canvas) afin de former une planche.
  - Lors de l'activation de ce bouton, une modale s'ouvre (voir figure 4.14) permettant de choisir/filtrer les images/icônes qu'on désire incorporer sur la planche.

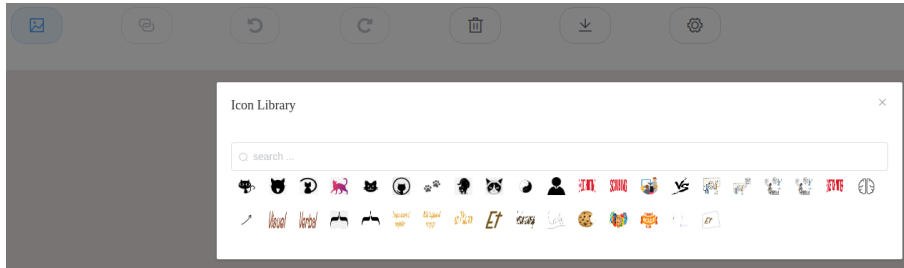


FIGURE 4.14 – Modale choix des images/icônes

3. Groupement d'objets (image/icône, dessin)
- 4,5. Précédent (undo), suivant (redo)  
Permet au canvas de revenir à un de ses états précédents.
6. Suppression  
La suppression est contextualisée. Si N objets sont sélectionnés, la suppression se fera sur ces N objets.  
Si aucun objet n'a été sélectionné, cliquer sur le bouton supprime la planche complète.
7. Télécharger, ce bouton permet de télécharger la planche sous le format d'image png.
8. Paramètres  
Via les paramètres, il est possible d'ajouter des librairies, ainsi que des images dans ces librairies.
  - (a) Une modale s'ouvre (voir figure 4.15) permettant l'ajout d'une nouvelle librairie.

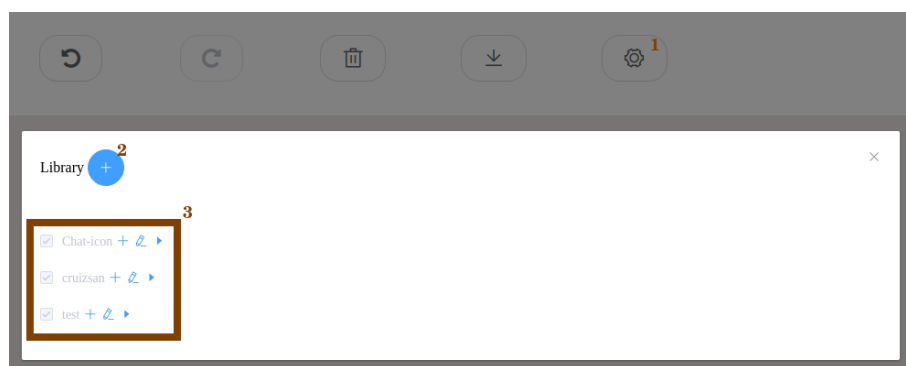


FIGURE 4.15 – Modale d'ouverture paramètres

Lors de l'activation du bouton (+) (voir figure 4.16), une modale s'ouvre. Cette modale nécessite la saisie de deux informations requises, le nom et des mots-clés séparés par des virgules.



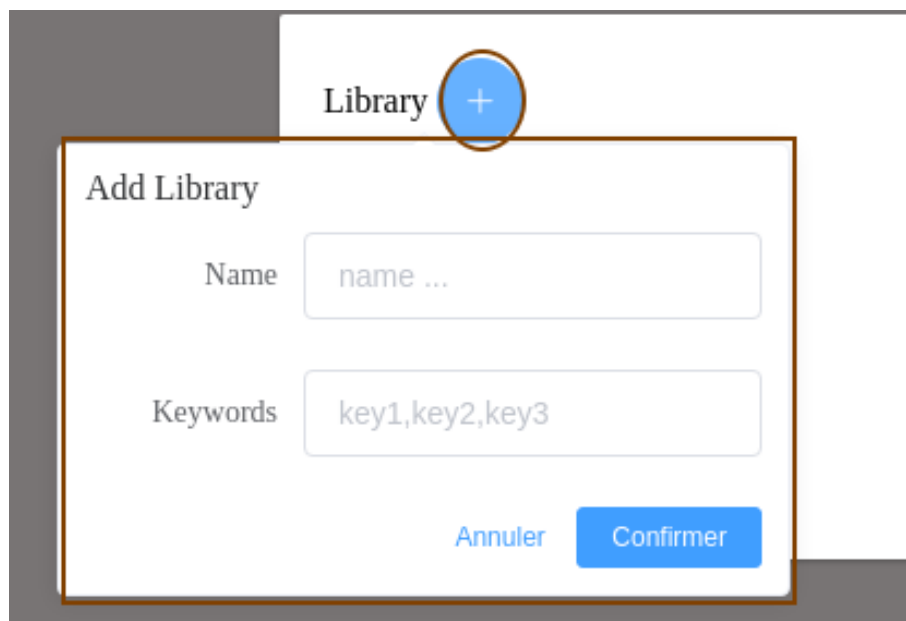


FIGURE 4.16 – Ajout d’une librairie

Il est possible d’éditer les informations (nom ou mots-clés) d’une librairie. (voir figure 4.17)

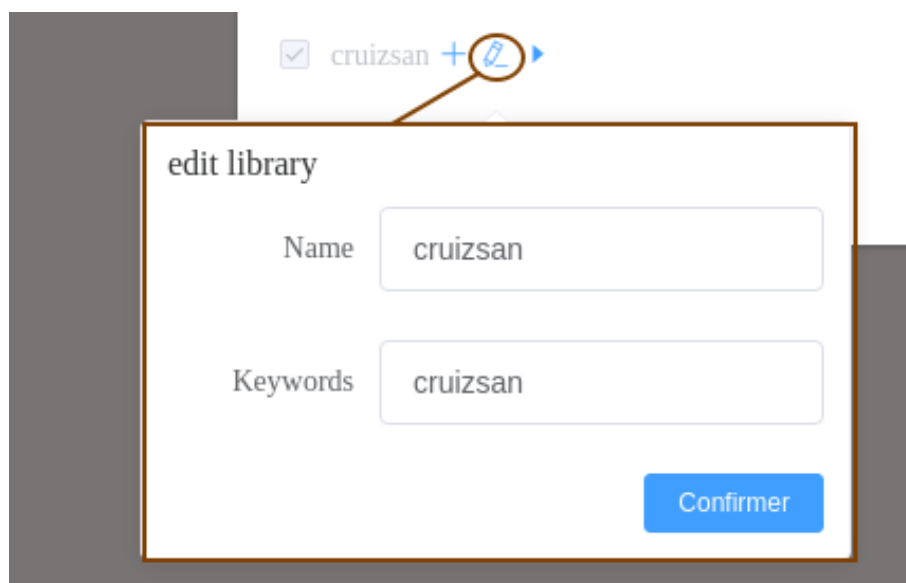
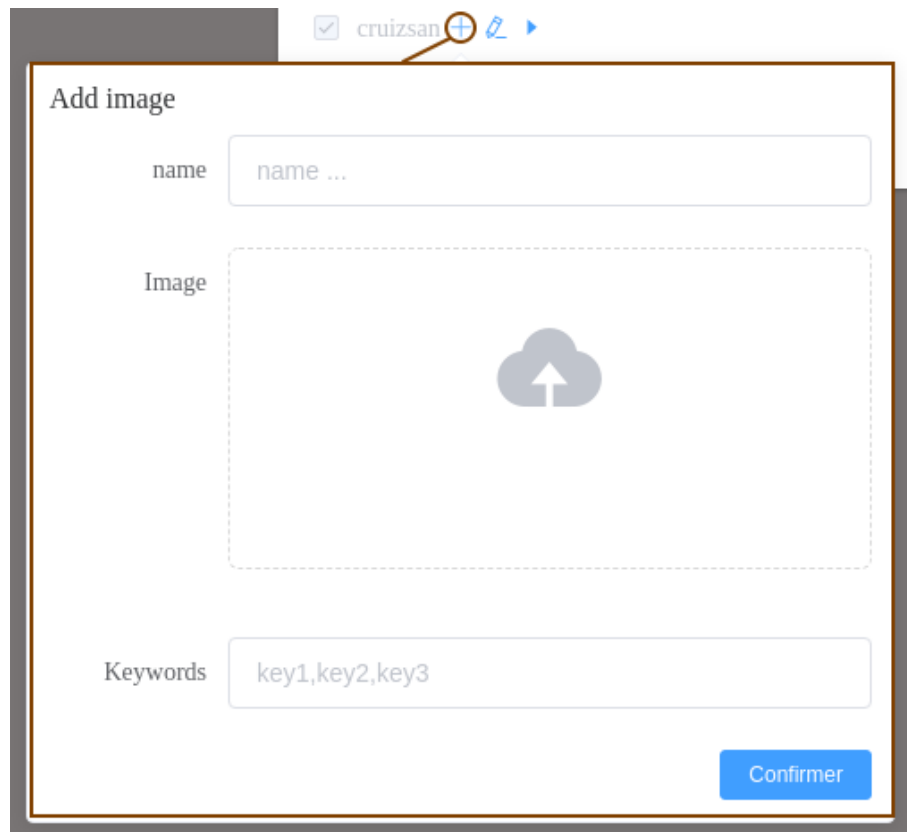


FIGURE 4.17 – L’édition d’une librairie

L’ajout d’image dans une librairie se fait dans la modale de listing de librairie

en appuyant sur le petit bouton (+) (voir figure 4.18).  
Pour ajouter une image, il est nécessaire de fournir un nom, une image, des mots-clés séparés par des virgules.



The image shows a software interface with a dialog box titled "Add image". At the top of the dialog, there is a header bar containing a checked checkbox labeled "cruizsan", a small blue plus icon, a blue edit icon, and a blue close icon. Below the header, the dialog is divided into three sections. The first section is labeled "name" and contains a text input field with the placeholder text "name ...". The second section is labeled "Image" and contains a large dashed rectangular box with a gray cloud icon and an upward arrow in the center, indicating where to upload an image. The third section is labeled "Keywords" and contains a text input field with the placeholder text "key1,key2,key3". At the bottom right of the dialog, there is a blue button labeled "Confirmer".

FIGURE 4.18 – L’ajout d’une image à une librairie

9. canvas, la zone de dessin où la planche se crée


## 4.5 Évaluation

### 4.5.1 Évaluation heuristique

Une évaluation d'un prototype fonctionnel (avant l'évaluation menée auprès des potentiels utilisateurs) a été menée avec un expert en IHM (en l'occurrence, Bruno Dumas - Professeur à la Faculté Informatique de l'UNamur). Cette évaluation a été réalisée sur base des heuristiques de Nielsen [14] : chacun des dix principes a été évoqué commenté par l'expert.

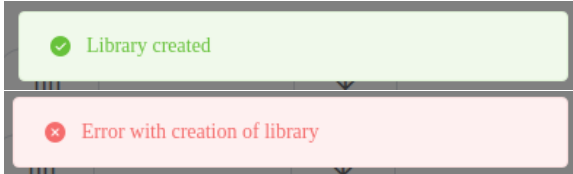
#### Le statut du système doit être visible

Quand un utilisateur interagit avec un système, il a besoin de savoir si ses actions sont bien prises en compte. Mettre en place des indicateurs de statuts permet à l'utilisateur de savoir où il en est, et d'identifier la source de ses erreurs le cas échéant.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>Les messages qui arrivent à l'écran lors de l'ajout d'une librairie, images, c'est bien.</i> » 	Selon l'expert : « <i>Quand on arrive sur la page d'accueil, on ne sait pas ce qu'on doit faire. Il n'y a pas d'indication. J'ai pour réflexe de cliquer sur le canvas au milieu mais ça sélectionne. Je ne comprends pas directement...</i> »

#### Le système doit correspondre au monde réel

Le meilleur moyen de favoriser la compréhension d'une interface, c'est de s'appuyer sur des concepts et un lexique que l'utilisateur connaît déjà.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>L'utilisation des codes couleurs, vert pour l'ajout et rouge pour les erreurs, c'est bien.</i> » 	-

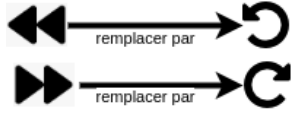
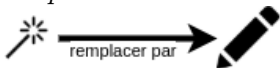
## Contrôle de l'utilisateur et liberté

Les utilisateurs se trompent constamment, il faut donc fournir aux utilisateurs distraits un moyen simple d'annuler une action et de revenir en arrière.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>La possibilité de revenir en arrière et de corriger ces erreurs, c'est bien. »</i> »	Selon l'expert : « <i>Quand on ajoute une image, si on se trompe d'image on ne peut plus supprimer, ni éditer. C'est un gros problème. »</i> »

## Le système doit être cohérent avec les standards

Les utilisateurs ont l'habitude d'utiliser d'autres applications. Avoir des standards permet à l'utilisateur de ne pas être perdu et devoir ré-apprendre.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>La majorité des icônes sont celles qu'on retrouve dans n'importe quelle application, on comprend directement. »</i> »	<p>Selon l'expert : « <i>Les flèches utilisées pour « undo » et « redo » sont bizarres, il aurait mieux valu utiliser d'autres types de flèches plus standards, comme sous la suite Office, par exemple. »</i> »</p>  <p>Selon l'expert : « <i>Le bouton qui permet de dessiner n'est pas standard non plus, sous IOS la baguette magique à une signification différente. Au départ, je pensais que ce bouton permettait, comme sous mon iPhone, de faire du nettoyage de photo mais en rien de dessiner. »</i> »</p> 

## Prévention des faux-pas et des erreurs

En UX, on distingue les « faux pas » et les « erreurs ». Les premiers interviennent plutôt accidentellement, lorsque l'utilisateur est inattentif ou pressé. Les secondes se produisent lorsque l'utilisateur a des objectifs inadéquats par rapport à une situation.

Positif (+)	Négatif (-)
-	Selon l'expert : « <i>Dans les formulaires d'ajout de librairies et d'images, il n'y a rien qui est là pour m'éviter de faire un faux-pas. Aucune vérification. L'erreur est gérée mais sans notification d'alerte pour savoir ce qui n'a pas été.</i> »

### Reconnaître plutôt que se souvenir

La reconnaissance est un phénomène automatique et intuitif qui ne nécessite pas vraiment d'effort mental. À l'inverse, se souvenir est un processus réflexif et rationnel beaucoup plus coûteux sur le plan cognitif.

Une interface qui requiert trop d'efforts de mémoire est mal conçue. L'utilisateur doit pouvoir trouver ou retrouver ses marques très rapidement. Les instructions pour utiliser le système doivent être immédiatement visibles et /ou facilement accessibles. Il faut également laisser aux utilisateurs la possibilité de retomber sur les chemins qu'ils ont déjà empruntés.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>L'interface est épurée, on retrouve facilement tout les outils dont on a besoin sans entrer dans plusieurs menus. Tout est à portée de main.</i> »	Selon l'expert : « <i>Les librairies et les images sont un peu cachées. Il faut connaître l'application pour savoir qu'il faut cliquer sur la roue dentelée pour pouvoir ajouter des images ou librairies.</i> »

### Flexibilité et efficacité d'usage

Une bonne interface doit s'adresser à tous les profils. Les novices doivent trouver leurs marques sans être parasités par des fonctionnalités dont ils n'ont pas l'usage.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>L'interface est assez épurée, facile à comprendre.</i> »	-

### Esthétique et minimalisme

Les utilisateurs traitent le contenu rapidement sans le lire de façon exhaustive. Plus le contenu est parasité par de l'information superflue, plus cette opération est laborieuse et source d'erreurs.

Positif (+)	Négatif (-)
Selon l'expert : « <i>L'application va vraiment à l'essentiel. Il n'y a pas trop de menus. Tout est à plat.</i> »	-

### Aide à la reconnaissance, au diagnostic et à la réparation des erreurs

Lorsqu'une erreur intervient, il faut aider l'utilisateur à en prendre conscience et à la réparer rapidement. Pour être pleinement efficaces, les messages d'erreurs doivent posséder trois caractéristiques importantes : ils doivent être visibles, explicites et constructifs.

Positif (+)	Négatif (-)
-	Selon l'expert : « <i>Les messages d'erreurs (lorsqu'on ajoute une librairie ou une image dans une librairie) sont soit manquants, soit ils manquent clairement d'informations pertinentes.</i> »

### Aide et documentation

Tous les systèmes doivent donc offrir une forme d'assistance.

Positif (+)	Négatif (-)
-	Selon l'expert : « <i>Il n'y a aucune aide, documentation existante pour l'application. Par exemple au début, à ma première connexion, je savais pas quoi faire, où aller...</i> »

## 4.5.2 Évaluation d'utilisabilité

### Phases d'évaluation

Deux phases d'évaluation, portant essentiellement sur le scribing, ont eu lieu : une première où les testeurs ont assisté à une séance de scribing, et une deuxième où les testeurs ont été invités à dispenser une séance de scribing.

#### Phase 1 : Assister à une séance de scribing

Dans ce scénario, il est demandé aux participants d'assister à une séance de scribing assurée par le développeur de l'outil. Cette prestation a deux objectifs : récolter les premières impressions des participants quant à l'outil dans le cadre d'une séance d'enseignement/apprentissage (durant laquelle ils jouent le rôle d'apprenants), mais

aussi réaliser une démonstration des différentes fonctionnalités de l'outil devant les participants avant que ceux-ci ne soient invités à le prendre en main. Certains participants n'assistant pas en présentiel à la séance, celle-ci se déroule via la version whiteboarding de l'application (accessible sur <https://app-sketch.sysadmin.fun/#/whiteboarding>).

Le sujet de la séance de scribing porte sur la différence entre le sketchnoting et le scribing, de façon à s'assurer que chaque participant comprenne et distingue ces deux concepts. La séance dure 10 minutes.

À la fin de la séance, les participants disposent de la planche finale, construite devant eux durant la séance.

Un focus group est alors réalisé (et animé par le développeur de l'outil) directement après la séance. Il s'agit de laisser à chaque participant la possibilité de s'exprimer quant à l'expérience vécue. Cet outil est précieux pour mieux comprendre l'attitude des participants, leur compréhension et leur perception d'une intervention, ce qui ne serait pas possible sur une base individuelle. Se trouver en situation de groupe permet d'obtenir une variété de points de vue et de perceptions stimulés par l'interaction. Chaque participant est mis en position de justifier en permanence ce qu'il affirme.

Des questions de relance sont définies en cas de besoin :

- Aviez-vous déjà entendu parler du sketchnoting/scribing ?
- Est-ce que c'est une technique que vous souhaiteriez apprendre ? Pourquoi ?
- Que pensez-vous de l'utilisation du scribing dans un contexte d'enseignement ? Du point de vue de l'apprenant ? Du point de vue de l'enseignant ?
- Où pourriez-vous envisager d'utiliser l'outil de scribing (en dehors de l'enseignement) ?
- Quels sont les points forts d'un tel outil selon vous ? Et ses faiblesses ?
- Quelles difficultés pourriez-vous rencontrer en utilisant un tel outil ?
- Qu'est-ce que vous préférez dans l'outil ?

## **Phase 2 : Informer à l'aide du scribing**

Dans ce scénario de test, il est demandé aux participants de présenter une matière qu'il maîtrise en sribant devant un public et de fournir, au terme de leur présentation, la planche finale obtenue.

Durant la séance, les participants utilisent l'application dans sa version scribing. Au préalable à la séance, il leur est demandé de préparer celle-ci, notamment en ajoutant au système les icônes dont ils pourraient avoir besoin. La séance doit porter sur un concept informatique, ne pas durer plus de 10 minutes et tenir sur une seule planche.

Une série de sites web permettant de collecter des icônes gratuitement est fournie

aux participants.

- <https://freeicons.io/>
- [https://www.iconfinder.com/free\\_icons](https://www.iconfinder.com/free_icons)
- <https://iconstore.co/>
- <http://freebbble.com/>
- <https://github.com/google/material-design-icons>
- <https://www.toicon.com/>
- <https://logodust.com/>

Chaque participant est invité, au terme de sa séance, à s'entretenir individuellement avec le développeur de l'outil et un des promoteurs.

Un guide d'entretien a été défini :

- Utiliser l'outil de scribing... était-ce une bonne expérience ? Pourquoi ?
- Avez-vous rencontré des problèmes/difficultés en utilisant l'outil de scribing ?
- Citez un aspect de l'outil que vous appréciez particulièrement.
- Citez un aspect de l'outil que vous n'appréciez pas ? Que pourrait-on faire pour améliorer cela ?
- Qu'est-ce qui vous motiverait à l'utiliser en cours ?
- Qu'est-ce qui vous freine à l'utiliser en cours ?

## **Participants**

Lors de la phase 1 de l'évaluation d'utilisabilité, nous avons dispensé durant 10 minutes une séance de scribing devant un public constitué de cinq membres du personnel enseignant de la Faculté d'Informatique de l'UNamur, responsables des travaux pratiques. Étaient également présents un membre du personnel technique et un ancien étudiant, suivant la séance de scribing à distance.

Les cinq membres du personnel enseignant ont également participé à la phase 2 de l'évaluation.

## **Résultats : analyse et discussion**

### **Phase 1**

La différence entre le sketchnoting et le scribing est expliquée, durant 10 minutes, en utilisant l'application.

La retranscription des verbatims issus de la première phase d'évaluation laisse apparaître des résultats sur l'application elle-même, ses fonctionnalités, mais également sur son utilisation.

Les données collectées sont présentées question par question.



*Aviez-vous déjà entendu parler du sketchnoting/scribing ?*

Sur les 7 personnes présentes, seulement 3 personnes ont entendu parler du sketchnoting ou du scribing.

*Est-ce que c'est une technique que vous souhaiteriez apprendre ? Pourquoi ?*

Sur les 7 personnes présentes, 6 ont répondu qu'ils souhaiteraient apprendre cette technique.

*« Cette technique m'intéresse, pour mieux retenir l'attention du public »*

*Que pensez-vous de l'utilisation du scribing dans un contexte d'enseignement ? Du point de vue de l'apprenant ? Du point de vue de l'enseignant ?*

La majorité des participants ont précisé que l'utilisation du scribing permet d'avoir un avantage certain pour capter l'attention des étudiants. De plus, cette technique force à l'enseignant de devoir reformuler son cours pour pouvoir transmettre les informations de manière fluide.

*« En tant qu'enseignant, ça m'oblige vraiment à réfléchir autrement. »*

*Où pourriez-vous envisager d'utiliser l'outil de scribing (en dehors de l'enseignement) ?*

Certains participants ont émis la possibilité de l'utiliser lors de conférence ou de réunion à but transmissif.

*« En contexte de conférence, on est tellement nombreux à passer par jour que si tu ne fais pas un truc original, tu sais pas sortir du lot. »*

*Quels sont les points forts d'un tel outil selon vous ? Et ses faiblesses ?*

#### Avantages

La majorité des candidats ont cité le fait que ce type de présentation permet de capter l'attention et de faire quelque chose de différent des slides « classique ». De plus, certains participants sont convaincus que ce type de présentation, cette technique, force à devoir penser son cours différemment.

#### Désavantages

La majorité des participants ont reconnu que ce type de présentation demande une maîtrise complète de la matière et demande un temps de préparation non négligeable.

*« Ça m'oblige vraiment à réfléchir à d'autres manières d'expliquer les choses, de manière plus simple. »*

*Quelles difficultés pourriez-vous rencontrer en utilisant un tel outil ?*

Pour la plupart des participants, la difficulté majeure se situe dans le temps de préparation du cours pour manipuler efficacement ce type d'outil. Selon une participante, ce type d'outil est peu envisageable sans un support tactile.

« S'il n'y avait pas un tactile, je ne suis pas sûre que j'oserais le faire. »

Qu'est-ce que vous préférez dans l'outil ?

À l'unanimité, les participants ont émis que ce qu'ils apprécient dans cet outil est sa simplicité, que cet outil va à l'essentiel. De plus, certains participants ont apprécié devoir construire sa présentation tout en discutant. Finalement, une participante a apprécié la possibilité de pouvoir redimensionner chaque objet : il est possible de construire sa présentation et d'agrandir quand c'est nécessaire ou au contraire de diminuer quand ça ne l'est plus.

« Si tu fais des slides, tout a la même importance, tu vois, alors qu'ici, on va pouvoir mettre l'accent sur les éléments à retenir. »

## Phase 2

Deux participants ont décidé de présenter une thématique de recherche, alors que les trois autres ont choisi de scrire dans un contexte d'éducation.

Les sujets étaient les suivants :

- Participants A et B : Recherches doctorales
- Participant C : Initiation au DNS
- Participant D : Présentation du plan d'organisation du cours d'Initiation à la Démarche Scientifique
- Participant E : Initiation au compilateur

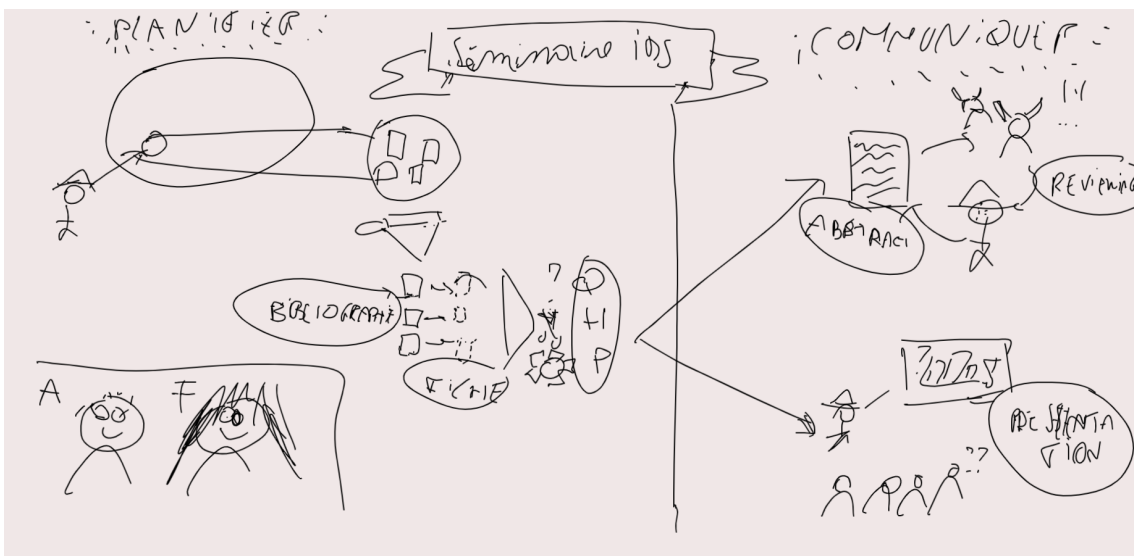


FIGURE 4.19 – Initiation à la démarche scientifique - planche du participant D

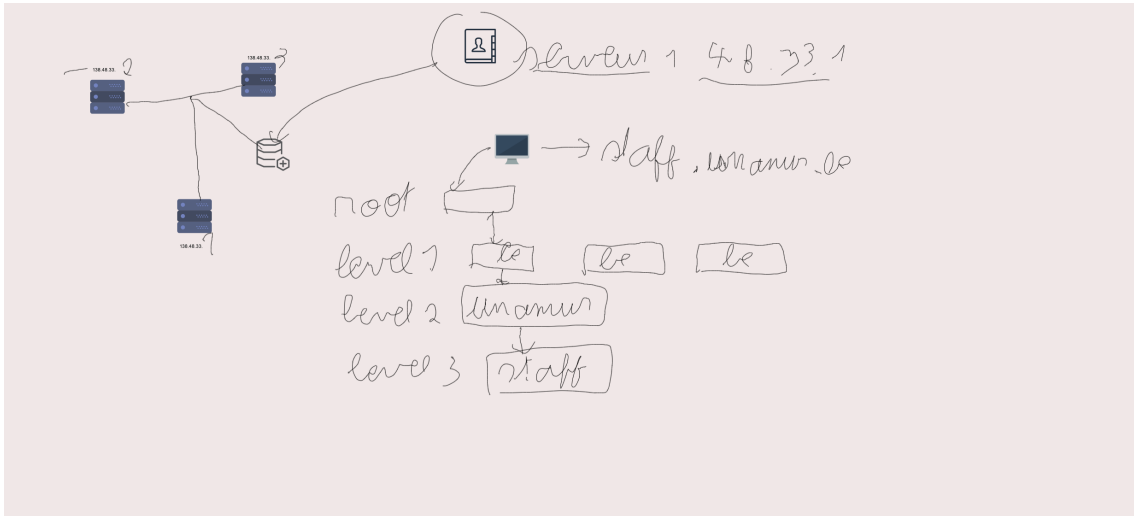


FIGURE 4.20 – Initiation au DNS - planche du participant C

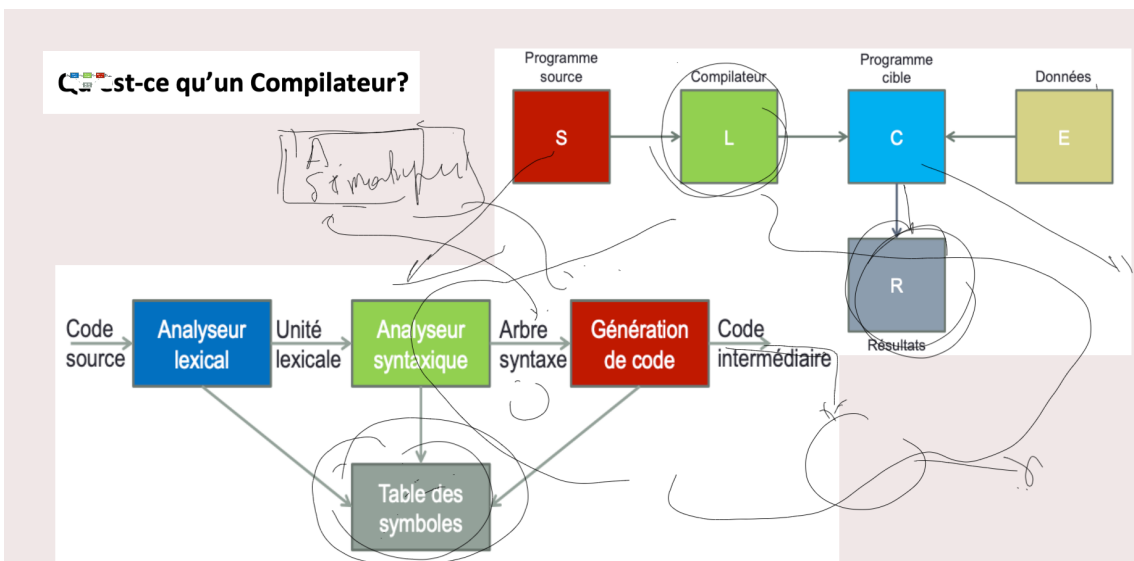


FIGURE 4.21 – Initiation au compilateur - planche du participant E

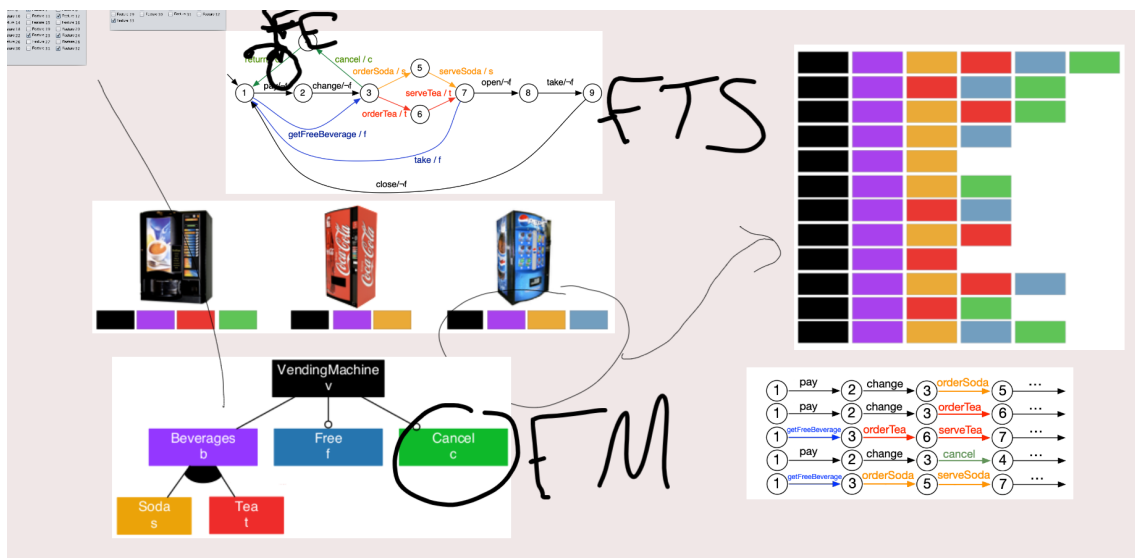


FIGURE 4.22 – Recherche doctorale - planche du participant B

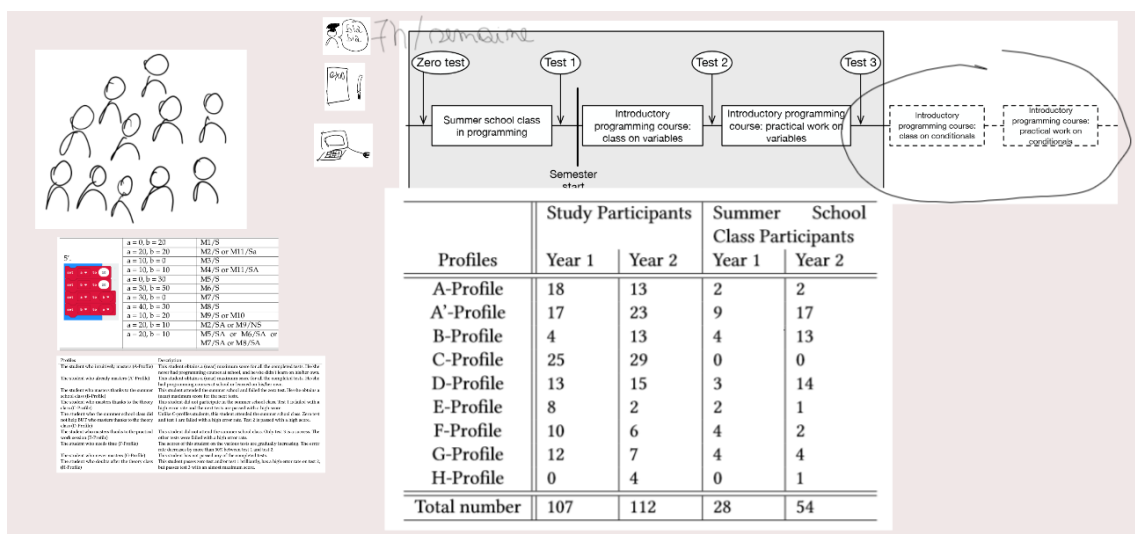


FIGURE 4.23 – Recherche doctorale - planche du participant A

La retranscription des verbatims issus de la deuxième phase d'évaluation laisse apparaître des résultats portant sur l'application elle-même, mais également sur son utilisation.

Ainsi, l'ensemble des participants (5) soulignent l'intérêt de bien préparer sa séance de scribing : « *Ça demande un temps de préparation énorme et de répéter et de répéter, surtout si t'as pas spécialement l'habitude comme moi* ». Il ne s'agit pas d'un problème de prise en main de l'outil, qui au contraire semble plutôt facile à maîtriser, mais bien un problème de gestion de l'espace utilisable. La planche finale obtenue devenant le support à fournir au public devant lequel la séance se déroule, il s'avère nécessaire que celle-ci soit bien organisée ou, dans tous les cas, lisible et compréhensible par tous.

Trois participants ont reconnu avoir des difficultés à combiner la parole et les gestes (dessiner) : « *Ce qui est difficile, c'est que c'est dur de parler en dessinant et donc je me rends compte que quand je dis quelque chose, je le dis, je le dessine et puis je redis... Et donc, je me répète sans arrêt.* »

Tous les participants ont apprécié l'expérience de l'utilisation du scribing. Notamment l'idée de construire son discours tout en discutant, qui a fait l'unanimité des participants. De plus, pour deux personnes, la possibilité de pouvoir cibler sur des contenus qui d'habitude cela serait difficile d'attirer l'attention des étudiants est un aspect intéressant et important.

La majorité des participants ont eu des soucis de compréhension sur la notion de librairie/images et leurs interactions au niveau de l'interface sur l'application. Pour quatre participants, le manque de fonctionnalités de bases telles que le copier-coller, l'export du canvas ou encore la possibilité de changer la couleur du crayon est problématique. « *Il manque des fonctionnalités, comme pouvoir changer la couleur du crayon, le trait ou encore le copier/coller* »

Les participants ont à l'unanimité apprécié la simplicité et l'épuration de l'outil : « *J'apprécie sa simplicité* ».

Un participant a souligné la possibilité de mettre l'accent sur les éléments importants d'un discours : « *Chouette aussi, parce que si tu fais des slides, tout a la même importance, tu vois, alors qu'ici, ma slide de fin entre guillemets (si j'appelle ça une slide), elle va pouvoir mettre l'accent sur les éléments à retenir.* »

Trois participants ont mis en évidence l'accroche et la captation du public par le biais de l'outil de scribing : « *Je trouve que c'est vraiment une manière très sympa et assez accrocheuse d'expliquer quelque chose qui en temps normal emmerderait les gens.* » « *Je trouve que ça, ça enrichit le discours plus que d'avoir des slides. Parce qu'on fait, les gens vont lire tes slides et ne pas t'écouter toi, alors qu'ici, ils sont obligés de m'écouter parce qu'en fait, y'a rien derrière eux.* »

Trois personnes ont précisé qu'ils se sentaient limités par la taille du canvas et auraient apprécié un système de gestion de l'espace, tel qu'un canvas illimité, ou de

pouvoir créer plusieurs canvas séparés.

La charge de travail supplémentaire pour préparer un cours et maîtriser l'outil est un frein pour un participant.

Enfin, un participant note qu'il n'est presque pas possible d'utiliser l'outil sans un écran tactile : « *S'il n'y avait pas un tactile, je ne suis pas sûr que j'aurais osé le faire.* »

# Chapitre 5

## Conclusion

Pour rappel, ce travail de recherche tente de déterminer « *Quelles caractéristiques une application de scribing/whiteboarding doit-elle posséder pour être utilisée comme support à la transmission d'informations ?* »

### 5.1 Conclusion sur la Question de recherche

Pour apporter des éléments de réponse à cette question, deux hypothèses sont formulées, en complément d'une étude des points forts et faibles de l'application :

- L'application de scribing/whiteboarding est facilement prise en main par des novices, utilisateurs avancés d'applications de présentation assistée par ordinateur (PréAO) (H1)
- L'application de scribing/whiteboarding est envisagée comme support à la transmission d'informations par des utilisateurs avancés d'applications de PréAO (H2)

Il est à noter que la petite taille de l'échantillon (7) ne permet pas une vérification rigoureuse de ces hypothèses, mais permet d'obtenir quelques tendances.

Rien de définitif ne peut donc être avancé au-delà de ce travail de recherche, de l'échantillon et des données récoltées durant les évaluations quant au statut de chaque hypothèse.

Un outil de scribing a été développé de façon itérative et en collaboration avec des experts en informatique et en éducation.

Deux phases d'évaluation ont été organisées :

- Dans la première phase, nous avons dispensé durant 10 minutes une séance de scribing devant un public constitué de cinq membres du personnel enseignant de la Faculté d’Informatique de l’UNamur, responsables des travaux pratiques. Étaient également présents un membre du personnel technique et un ancien étudiant, suivant la séance de scribing à distance.
- Ensuite, dans la seconde phase, les cinq membres du personnel enseignant de la Faculté d’Informatique de l’UNamur ont dispensé à leur tour durant 10 minutes une séance de scribing.

De manière générale, les retours sur l’outil de scribing sont positifs, quel que soit le public.

Les évaluations ont mis en évidence la simplicité de l’outil. Cette simplicité, positive à priori, a parfois été critiquée, certaines fonctionnalités jugées évidentes faisant défaut.

Cependant, cette simplicité facilite la prise en main de l’outil, ce qui va dans le sens de l’hypothèse H1.

En ce qui concerne l’hypothèse H2, on peut souligner les effets positifs sur l’attention du public, les opportunités de co-construction que permet l’outil, la possibilité de mise en évidence d’éléments importants et l’obligation de structurer le discours. Autant d’éléments indispensables lorsqu’il s’agit de transmettre de façon efficace des informations à un public.

La vérification de chacune de ces deux hypothèses, bien qu’incomplète, apporte des éléments de réponse à la question « *quelles caractéristiques une application de scribing/whiteboarding doit-elle posséder pour être utilisée comme support à la transmission d’informations ?* »

Ainsi, dans le contexte particulier de cette recherche, l’outil de scribing s’avère un outil pédagogique faisant sens pour les enseignants, notamment pour une (co)-construction avec les étudiants aidant à capter leurs attentions. La question de recherche doit cependant être creusée davantage. Un plus grand échantillon d’étudiants, notamment, doit être touché pour conforter certains résultats.

Une utilisation en contexte réel doit également être envisagée.

Enfin, si certains problèmes d’utilisabilité ont déjà été mis en évidence, des améliorations restent à apporter à l’application.

## 5.2 Travaux futurs

L’outil développé fournit le minimum de fonctionnalités lui permettant d’être utilisable (Produit minimum viable).



Les évaluations menées sur l'outil, les différentes évaluations ont mis en évidence des fonctionnalités et des aides pouvant améliorer son utilisation.

Un manque d'indication lors de l'entrée à l'application rend difficile sa prise en main. Ajouter un système d'aide, un mini-tutoriel par exemple, permettrait de résoudre ce problème.

De plus, les utilisateurs souhaitent pouvoir éditer, supprimer des images ou librairies.

Ainsi que fournir une aide aux utilisateurs dans les formulaires pour éviter les « faux pas », par exemple l'ajout de bulles d'aide lors de la sélection d'un champ du formulaire, semble nécessaire.

Il est recommandé de fournir un chemin plus visible et plus facilement utilisable lors de l'ajout de librairie ou d'images.

Finalement, les informations lors de la gestion des erreurs manquent de pertinence, le manque d'aide et de documentation utilisateur est à résoudre. Cette liste n'est pas exhaustive et d'autres pistes de travaux futurs sont listées dans l'annexe D.

## Annexe A

### Brainstorming

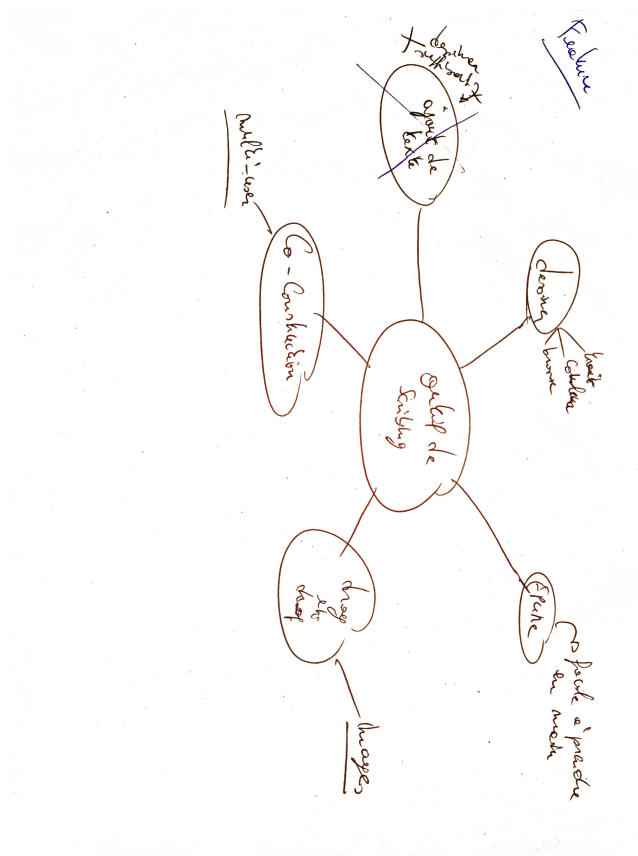


FIGURE A.1 – Brainstorming qui définit les fonctionnalités de base

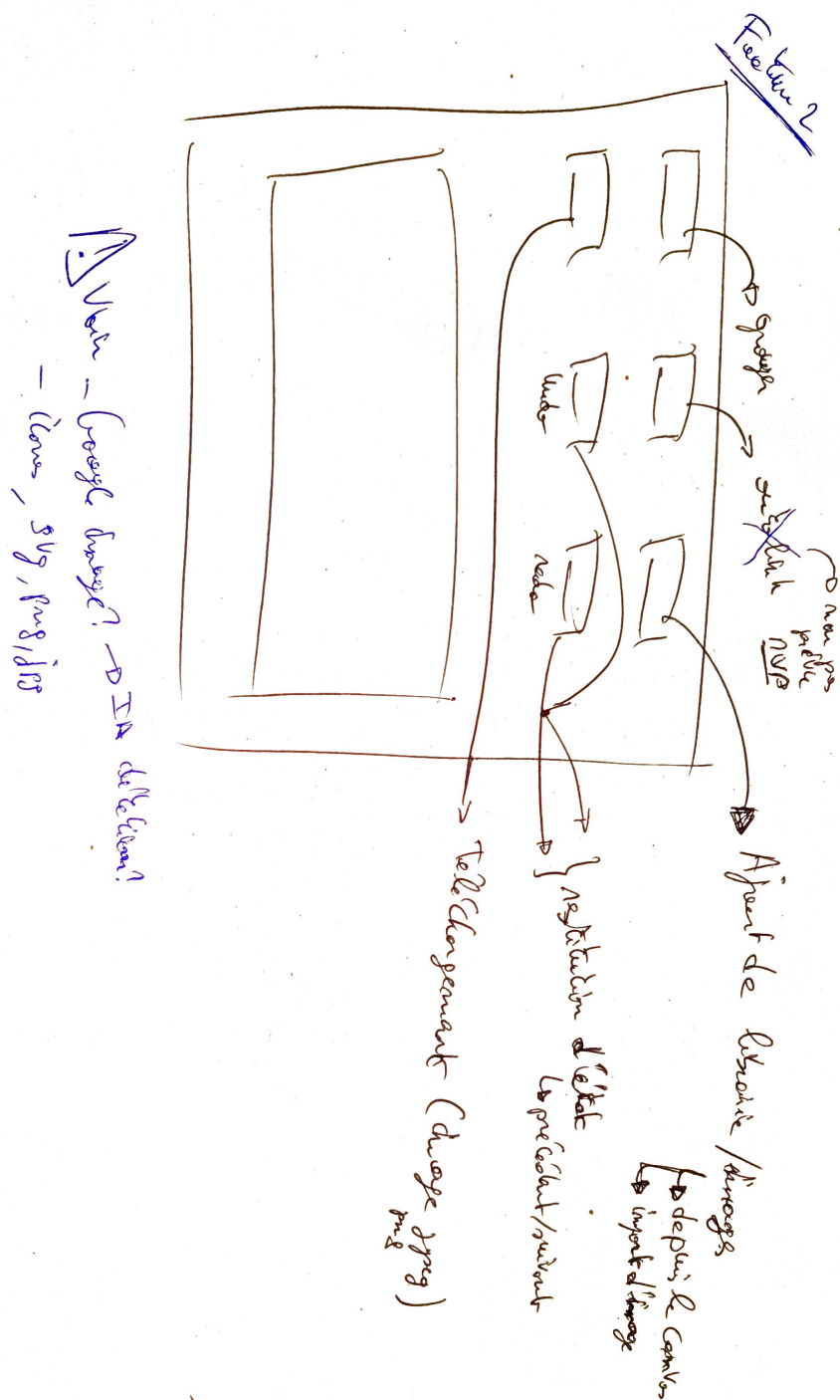


FIGURE A.2 – Brainstorming qui définit les fonctionnalités avancées

## Annexe B

### Prototype papier

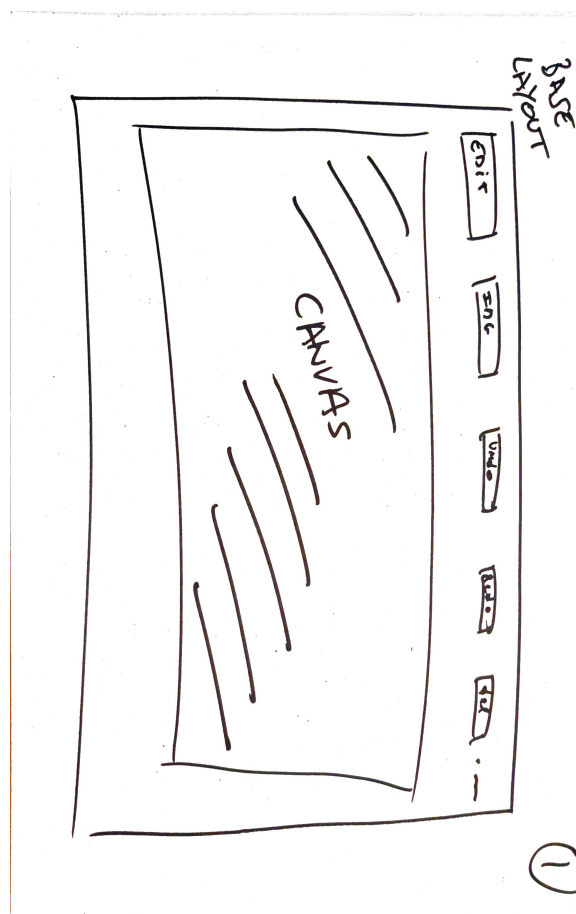


FIGURE B.1 – Layout de base

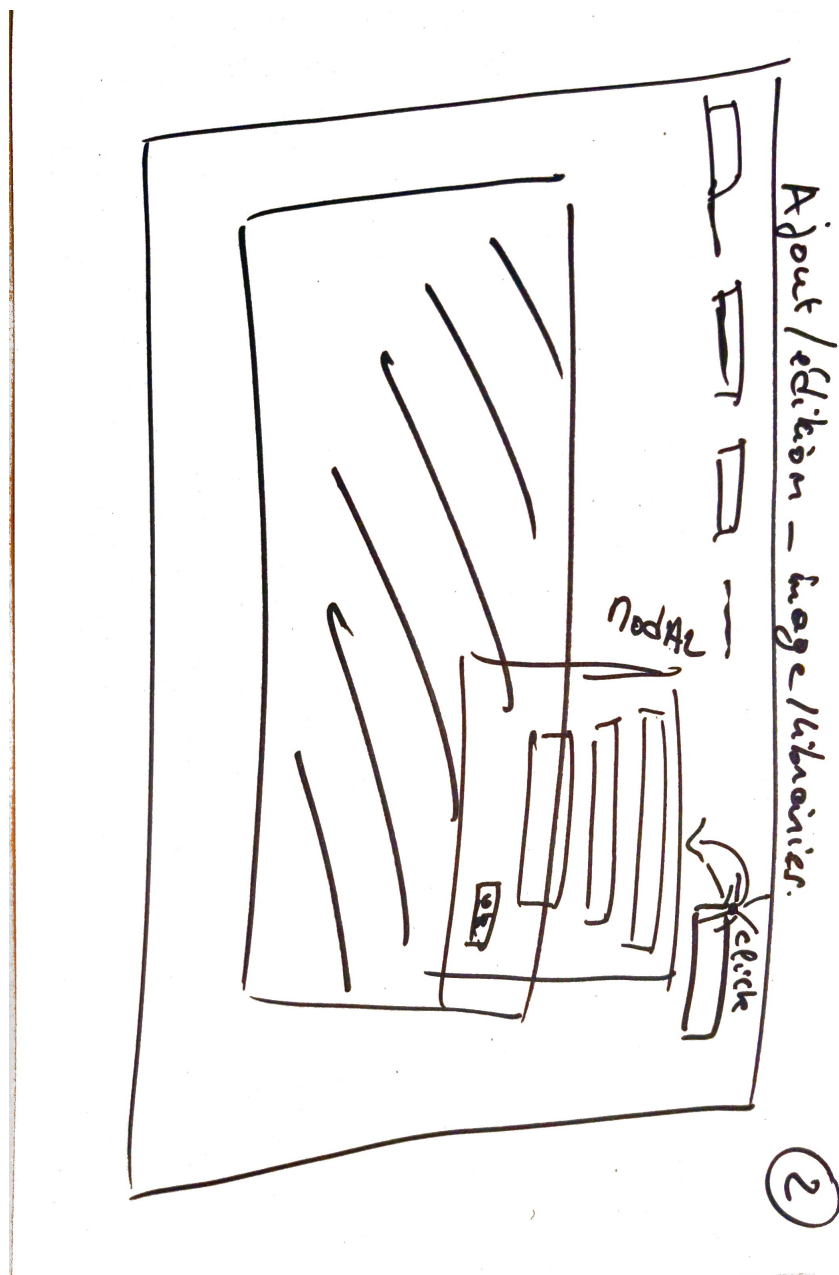


FIGURE B.2 – Modal d'ajout, édition

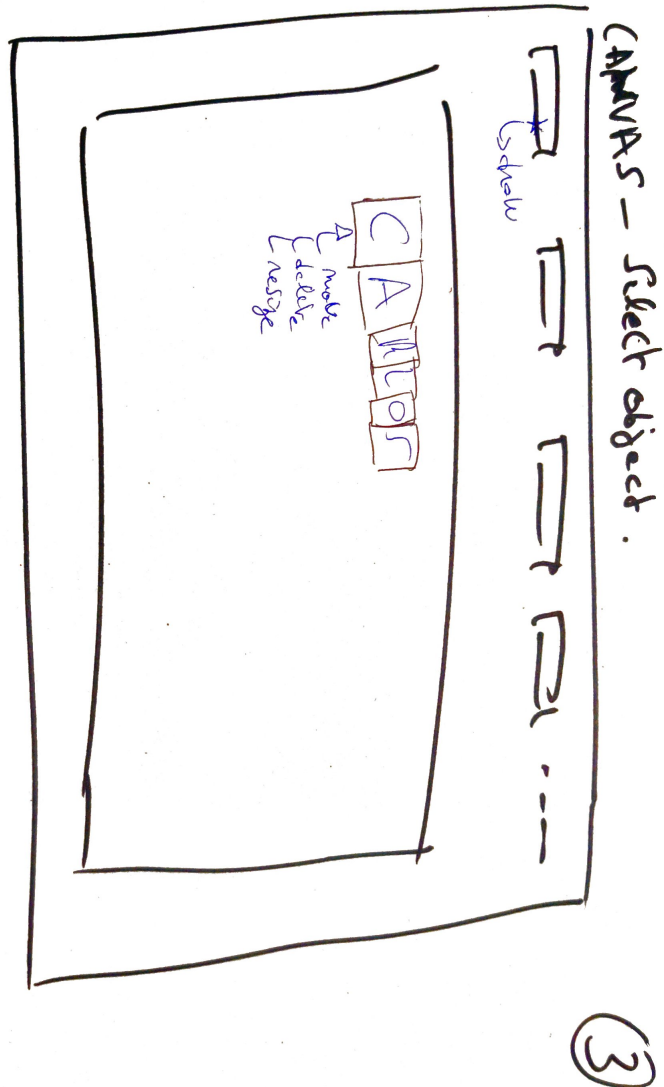


FIGURE B.3 – Sélection d'objet

## Annexe C

### Retranscription

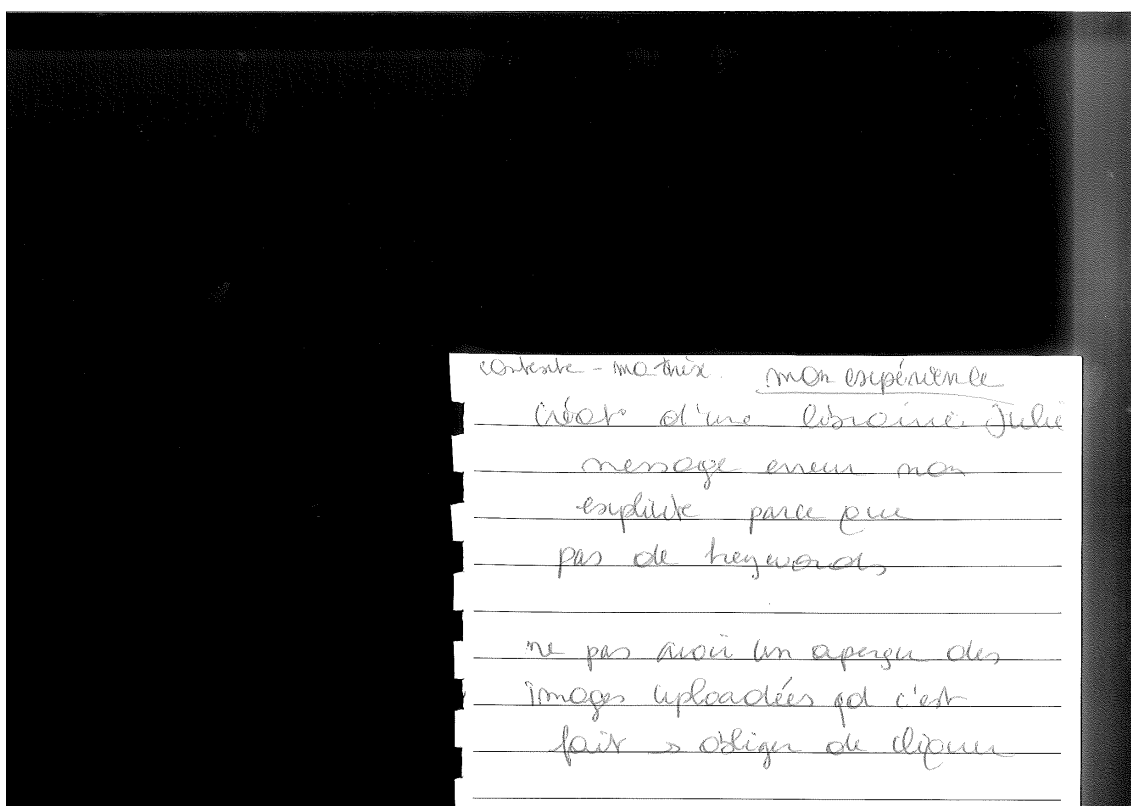


FIGURE C.1 – Observations par une experte pédagogique

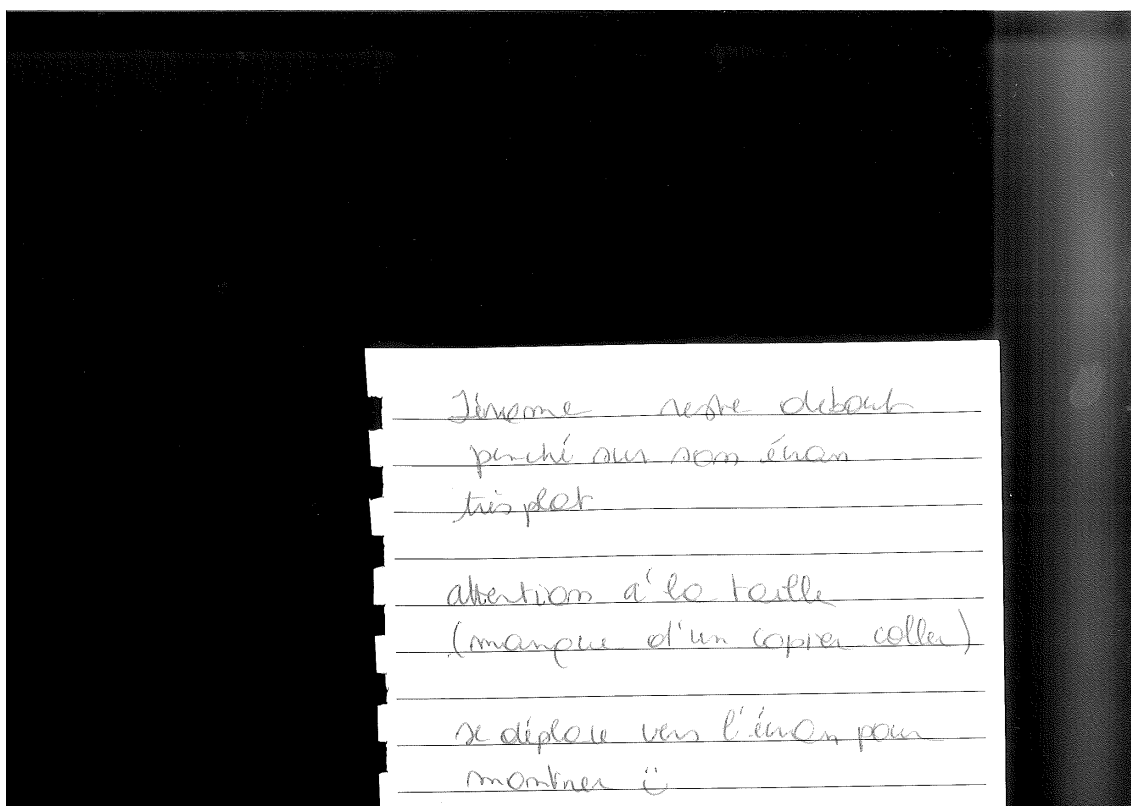


FIGURE C.2 – Observations par une experte pédagogique



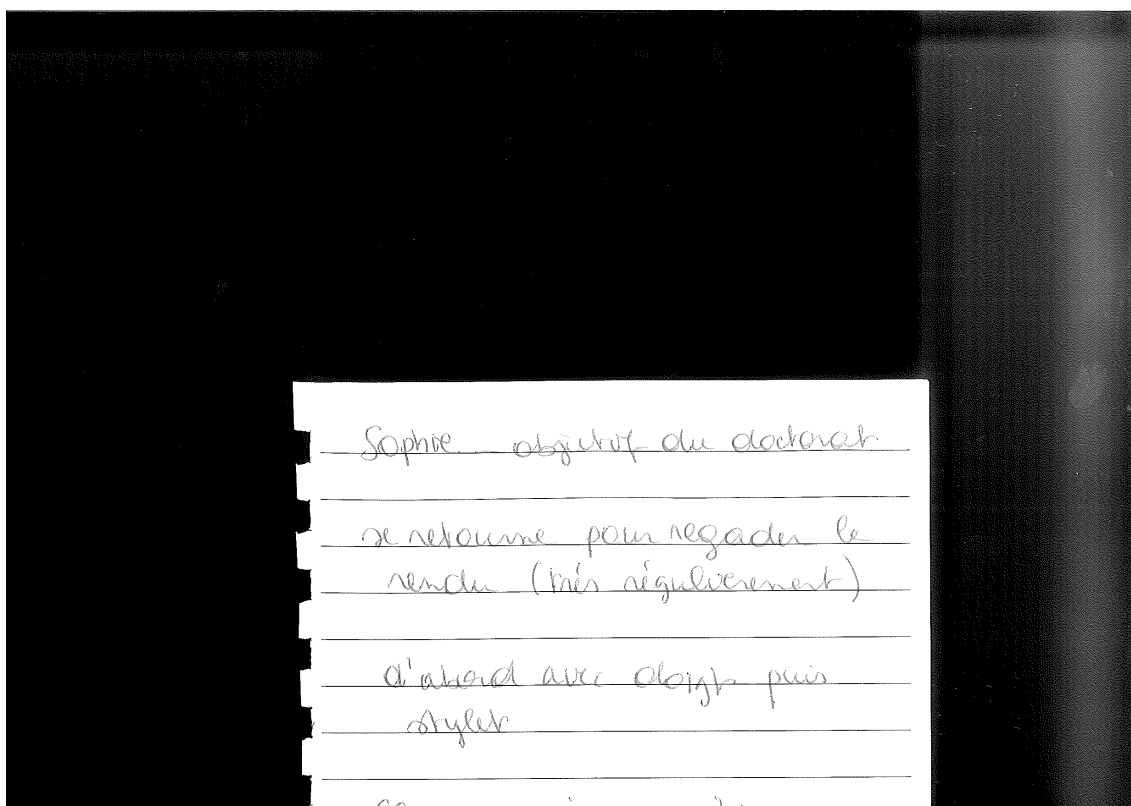


FIGURE C.3 – Observations par une experte pédagogique

fini par diminuer ses  
images mais ne bouge  
tp pas ses annotations

a changé la taille de  
l'écriture mais ne doit pas  
avoir testé car trop gros

FIGURE C.4 – Observations par une experte pédagogique

Ambrine présentat° d'un cours  
pas d'images - écriture à main  
levée - a besoin de posé de main  
ne retrouve pas le mode de  
sélect°  
grouper → confusion avec  
partager  
préparat° sur une feuille de  
papier  
difficulté à déplacer certains  
objets  
cherche à changer de couleur  
veut écrire le 6 en épaisseur de  
mètre  
main de Carlos - amis

se retourner pour voir le  
rendu et pointer à  
distance

en dessin, se rend  
compte des images qu'ils  
auraient pu utiliser

souvi aux le fait d'effacer  
du texte (déplacer des  
objets) puis texte le

FIGURE C.6 – Observations par une experte pédagogique

J. Compilateur  
a découpé les éléments de ces  
slides  
difficulté pour insérer des images  
regarde l'écran et se  
retourne puis se rend  
compte qu'il peut regarder  
l'écran ordi  
insérer les images

FIGURE C.7 – Observations par une experte pédagogique

Phrases	mots-clés
« J'apprécie sa simplicité »	ERGONOMIE
« Je comprends qu'il faut avoir qu'un espace limité, mais regarde comme j'avais plein d'images partout. Que j'aurais bien aimé aussi, mais c'est aussi des futur work. Tu vois comme mon trait de crayon n'est que noir. Ça m'aurait bien plu si j'avais eu des couleurs. J'aurais fait les profils en allant chercher entouré des élèves. »	ERGONOMIE
« Je peux même exporter le canvas complet, ce qui est faisable. »	ERGONOMIE
« Si t'as un truc avec un schéma, tu vas voir ton schéma général. Tu viens le compléter au fur et à mesure que tu construis avec des étudiants. Mais il y a des moments où tu vas retirer des éléments qui étaient des éléments de base pour simplifier un peu le schéma qui ne soit pas trop chargé. Donc, si tu dois faire ça en plusieurs séances de cours, tu peux enregistrer ton image à la fin du premier cours, mais au deuxième cours, tu pourras plus faire du nettoyage pour préparer une base ou alors tu as fait ton nettoyage à la fin du premier cours. »	ERGONOMIE
« Tu peux exporter et garder une image la modifier. »	ERGONOMIE
« Un autre truc que je viens de penser, c'est que j'ai écrit sans penser à la largeur de crayon. Par défaut il faudrait pouvoir paramétrer lui même un par défaut »	ERGONOMIE
« une fois que je sais ce qui va se passer par rapport aux mots-clés et tous, les erreurs sont vite apprises. Elles sont vite résolues et vite apprises ce qu'on a fait comme erreur, ce que tu as fait comme erreurs, je sais quoi avec la grosseur du trait. »	ERGONOMIE

TABLE C.1 – Tableau reprenant les remarques collecté par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : ergonomie

Phrases	mots-clés
« Comme je l'ai dit au début, je trouve que c'est vraiment une manière très sympa et assez accrocheuse d'expliquer quelque chose qui en temps normal emmèderait les gens. » « J'aime bien l'idée de construire sa présentation en en discutant. »	CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION
« Je trouve cette manière qui est plus intéressante pour eux que de simplement montrer des slides avec un agenda typiquement » « Je trouve que ça peut vraiment attirer l'attention sur des comptes, sur des contenus où ce serait difficile d'attirer l'attention des étudiants » « L'important, c'est savoir qu'un questionnaire est passé autant de fois par semaine et que les profils se retrouvent avec des distributions qui seront égales, donc que je diminue des images. »	CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION
« Tu peux être entraîné plein de fois. Donc je trouve que ça, ça enrichit le discours plus que d'avoir des slides. Parce qu'on fait, les gens vont lire tes slides et ne pas t'écouter toi, alors qu'ici, ils sont obligés de m'écouter parce qu'en fait, y'a rien derrière eux. » « Tu vois si tu as des powerpoint avec des slides toutes faites. En fait, tu lis, tu finis par lire, par stresser. »	CAPTER-L- ATTENTION CAPTER-L- ATTENTION

TABLE C.2 – Tableau reprenant les remarques collectés par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : captation

Phrases	mots-clés
« Chouette aussi, parce que si tu fais des slides, tout a la même importance, tu vois, alors qu'ici, ma de slides de fin entre guillemet si j'appelle ça une slide. Elle va pouvoir mettre l'accent sur les éléments à retenir. »	ESSENTIEL
« D'un côté, ça peut une espèce de synthèse. C'est la fameuse slides de synthèse que tu fais en conférence, toujours une dernière slides de Conclusion. »	ESSENTIEL
« L'important, c'est savoir qu'un questionnaire est passé autant de fois par semaine et que les profils se retrouvent avec des distributions qui seront égales, donc que je diminue des images. »	ESSENTIEL

TABLE C.3 – Tableau reprenant les remarqués collecté par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : essentiel



Phrases	mots-clés
« C'était une bonne expérience parce que franchement, ça, par le confinement. J'ai cherché pas mal de tableaux comme ça pour partager des trucs et c'est là ce qui est bien. C'est ça, n'y a pas trop de fonctionnalités, ça fait vraiment le travail qu'il faut. »	HYPE
« je suis de plus en plus attiré vers des présentations qui sont un peu plus vivantes que des powerpoint »	HYPE
« pour mieux retenir l'attention du public, en contexte de conférence, on est tellement nombreux à passer par jour que si tu ne fais pas un truc original, tu sais pas sortir du lot. »	HYPE

TABLE C.4 – Tableau reprenant les remarques collecté par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : hype

Phrases	mots-clés
« Alors le fait que je n'avais pas bien compris que les librairies, ça ne se rajoutait pas automatiquement dans le tag, quand j'ajoutais d'images dans les librairies ou ce qu'on fait sans paramètre. »	FUTUR-WORK
« Avoir une petite gomme pour les retouches, ça aurait été cool. »	FUTUR-WORK
« Chaque image est un objet dans un canvas. Et je peux exporter tout ça sous un format json classique et réimporter sans problème. »	FUTUR-WORK
« En fait ce que j'avais fait au début, c'est que j'avais mis mon nom comme mot-clé de la librairie en pensant pouvoir les retrouver tous après, j'ai mis des mots-clés, genre plutôt en fonction de quoi fait l'image, je me dis mais si je le retire, tous les mots-clés que j'ai mis pour les images, pour le retrouver à chaque fois, ça va être super lent. »	FUTUR-WORK
« Et comme disait Julie, si tu veux construire ton cours avant de le montrer aux étudiants aussi, ça peut être bien de prendre une base que tu peux modifier sur plusieurs jours alors que toute ta séance de cours en une fois. »	FUTUR-WORK
« Il manque un ou deux trucs comme le copier-coller. »	FUTUR-WORK

TABLE C.5 – Tableau reprenant les remarques collecté par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : futur-work

Phrases	mots-clés
« Alors le fait que je n'avais pas bien compris que les librairies, ça ne se rajoutait pas automatiquement dans le tag, quand j'ajoutais d'images dans les librairies ou ce qu'on fait sans paramètre. »	LIMITATION
« Il faut préparer sa banque d'image avant d'arriver en cours, c'est clairement laissé pour des cours préparer »	LIMITATION
« J'ai remarqué aussi c'est que tu redimensionnes rien, c'est normal ? C'est par facilité, comme il n'y avait pas l'option copier-coller sinon je l'aurai fait une fois et j'aurai fait que des copier-coller, alors que la le faire pour chacun ça valait pas le coup. »	LIMITATION
« s'il n'y avait pas un tactile, je ne suis pas sûr que j'aurais osé le faire. »	LIMITATION
« On ne peut pas non plus rajouter des mots-clés à une image qui a déjà été créée il y a peu modifié, mais pas dans les images. »	LIMITATION

TABLE C.6 – Tableau reprenant les remarques collecté par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : limitation

Phrases	mots-clés
« C'est une façon de construire ton discours. »	COGNITION
« Ça m'oblige vraiment à réfléchir à d'autres manières, d'expliquer quelque chose de manière plus simple. »	COGNITION
« D'un côté, ça peut une espèce de synthèse. C'est la fameuse slide de synthèse que tu fais en conférence, toujours une dernière slides de Conclusion. »	COGNITION
« Donc, je pense ça aide aussi les gens qui j'explique, ça m'aide aussi beaucoup moi en fait à trouver les liens entre les choses. »	COGNITION
« Ici, c'est une obligation à avoir quelque chose de structuré dans ta tête et à le reproduire comme un film »	COGNITION
« Tu peux être entraîné plein de fois. Donc je trouve que ça, ça enrichit le discours plus que d'avoir des slides. Parce qu'on fait, les gens vont lire tes slides et ne pas t'écouter toi, alors qu'ici, ils sont obligés de m'écouter parce qu'en fait, y'a rien derrière eux. »	COGNITION

TABLE C.7 – Tableau reprenant les remarques collecté par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : cognition

Phrases	mots-clés
« ça demande un temps de préparation énorme et de répéter et de répéter, surtout si t'as pas spécialement l'habitude comme moi. »	PRÉPARATION
« Ce qui est difficile, mais ça n'est pas lié à l'outil, c'est que c'est dur de parler en dessinant et donc je me rends compte que quand je dis quelque chose, je le dis, quelque chose semble dessiner. Et puis je le fais comme je le disais machin. Et donc, je le répète sans arrêt. »	PRÉPARATION
« il faut que je prenne du temps pour dessiner et ça je n'ai pas pris. J'ai pas pris vraiment le temps, si ce n'est de faire les trucs de base, ça demande de la préparation. »	PRÉPARATION
« Il y'a aussi la gestion de l'espace, mais ça, c'est juste parce que c'est la première fois aussi que du du coup je me suis pas entraîné. »	PRÉPARATION
« J'ai pas ajouté ou déplacé d'éléments, je n'ai pas ajouté d'icone, mais là, je me dis qu'en fait, ce que j'aurai, ce que j'aurais dû faire et ce que je ferais à l'avenir, ce serait de réutiliser, d'utiliser des icônes dans mon scribing et donc quelque chose que je trouve vraiment intéressant dans cet outil, c'est justement, cette possibilité d'avoir des icônes de pouvoir aussi, du coup, les positionner, les resizer. »	PRÉPARATION

TABLE C.8 – Tableau reprenant les remarques collectées par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : préparation

Phrases	mots-clés
« C'est une façon de construire ton discours. »	STRUCTURE
« Ça m'oblige vraiment à réfléchir à d'autres manières, d'expliquer quelque chose de manière plus simple. »	STRUCTURE
« D'un côté, ça peut être une espèce de synthèse. C'est la fameuse slide de synthèse que tu fais en conférence, toujours une dernière slide de Conclusion. »	STRUCTURE
« Donc, je pense ça aide aussi les gens qui j'explique, ça m'aide aussi beaucoup moi en fait à trouver les liens entre les choses. »	STRUCTURE
« Ici, c'est une obligation à avoir quelque chose de structuré dans ta tête et à le reproduire comme un film »	STRUCTURE
« Il faut vraiment avoir une manière de résumer, de comment expliquer quelque chose. »	STRUCTURE
« Le fait que tu peux travailler justement avec un seul support et construire avec les personnes là où tu veux en venir, je dirai que la plus grosse difficulté, en effet, c'est la gestion de l'espace parce que très souvent, ce que tu veux faire, c'est tu démarre avec une image. »	STRUCTURE

TABLE C.9 – Tableau reprenant les remarques collectées par les utilisateurs dans leurs évaluations - mot-clé : structure

# Annexe D

## Travaux Futurs

Voici quelques idées de travaux futurs qui ont émergé à la suite d'évaluations, de remise en question et de besoins utilisateurs :

- Avoir une notion de « salle » pour la partie whiteboarding La gestion actuelle lors de l'utilisation du whiteboarding ne permet que d'avoir une seule planche/session en cours en même temps. Il n'y a qu'une seule "salle", la gestion de plusieurs "salle", permettrait d'avoir plusieurs cours en simultané ou la (co)-construction se ferait sans problème.
- Pouvoir modifier la taille, le font, la couleur, ajouter, supprimer, éditer du texte. C'est un besoin qui est ressorti lors des différentes évaluations. En effet, le changement de "font", couleur, taille permet de séparer les idées, mettre l'accent sur ce que l'on désire partager. De plus, cela donne de la couleur, de la vie à la planche, qui permet à son tour de capter l'attention des différents apprenants.
- Faire un choix entre une pile de canvas et/ou un canvas de taille non définie et illimitée Pour le moment, la taille du canvas est limitée et unique. Cela limite fortement le champ d'action de l'utilisateur. Avoir un système de canvas "illimitée" ou une pile de canvas permettrait de résoudre ce problème de place.
- Proposer différentes mises en page comme du A4,A3,... portrait ou paysage. Pour le moment, il n'y a pas de mise en page disponible, cela dépend de la taille du canvas et donc de la taille de l'écran. Avoir un système de mise en page serait plus intéressant pour respecter la mise à l'échelle des différents éléments.
- Mettre en place de la documentation et/ou fournir un tutoriel à la première entrée sur le site En effet, il manque de la documentation pour les utilisateurs non avertis. Ceci est un point important de l'évaluation heuristique faite par l'expert en IHM.

- Fournir la possibilité du choix des librairies qu'on désire afficher Par défaut, toutes les librairies sont choisies. Il n'est pas possible de choisir les librairies qu'on désire utiliser. Cela est problématique lors de l'ajout de beaucoup de librairies/images.
- Avoir une gestion des menus/actions par clavier L'utilisation de raccourci clavier permet à un utilisateur averti d'aller bien plus rapidement qu'avec la souris. Afin de maximiser la "prise en main", cette feature est primordiale.
- Ajouter la possibilité d'avoir un lien automatique entre n objets (flèches, ligne droite, courbée...) Lors de l'ajout de différentes images, il est difficile de faire un lien entre eux. Il faut pour le moment dessiner une flèche/trait entre eux. La possibilité de faire une liaison entre les objets permettrait un résultat plus rapide et une prise en main plus "fluide" de l'outil.
- Proposer des mises en page « spéciales » en fonction du besoin du discours tel qu'en étoile, cadre, sens de lecture... Lors de l'évaluation, il est ressorti qu'avoir un layout défini pour structurer le discours est une feature attendue. En effet, la structure du discours est la partie primordiale et la plus difficile, qui demande un travail en amont énorme.
- Fournir l'export/import de l'état du canvas pour permettre une réutilisation plus tard Dans l'état actuel de l'application, il est possible de sauvegarder l'état final en tant qu'image. Cette image est fixe et n'est plus modifiable.



# Bibliographie

- [1] S. Brown. *The Doodle Revolution : Unlock the power to think differently*. Portfolio Penguin, 2015.
- [2] J. M. Clark and A. Paivio. Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3) :149–210, 1991.
- [3] J. L. Daugherty and R. A. Dixon. Mapping concepts for learning and assessment. *Technology and Engineering Teacher*, 71(8) :10, 2012.
- [4] D. Deuff and M. Cosquer. Méthode agile centrée utilisateurs. In *Proceedings of the 2012 Conference on Ergonomie et Interaction homme-machine*, pages 25–32, 2012.
- [5] D. Deuff, M. Cosquer, and B. Foucault. Méthode centrée utilisateurs et développement agile : une perspective «gagnant-gagnant» au service des projets de r&d. In *Proceedings of the 22nd Conference on l'Interaction Homme-Machine*, pages 189–196, 2010.
- [6] S. Edwards and N. Cooper. Mind mapping as a teaching resource. *The clinical teacher*, 7(4) :236–239, 2010.
- [7] FabricJS. FabricJS. <http://fabricjs.com/>, 2020. [Online ; accessed 24-Mars-2020].
- [8] Flask. Flask. <https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/>, 2020. [En ligne ; accès 15-Avril-2020].
- [9] T. Hartsell. Mapping concepts for learning. In *Essentials of Teaching and Integrating Visual and Media Literacy*, pages 203–215. Springer, 2015.
- [10] V. Heiwy. Méthodes agiles, conception centrée utilisateurs : hybridation gagnante pour les projets innovants et pluridisciplinaires ? une application au cas du développement d’objets connectés. 2018.

- [11] C. Lejeune. *Manuel d'analyse qualitative*. De Boeck Supérieur, 2019.
- [12] M. S. Linneberg and S. Korsgaard. Coding qualitative data : A synthesis guiding the novice. *Qualitative Research Journal*, 2019.
- [13] G. Magalie. *La pensée visuelle*. I2D – Information, données documents, 2017.
- [14] J. Nielsen. Ten usability heuristics, 2005.
- [15] V. Paepcke-Hjeltness, M. Phd, and A. Cyamani. Sketchnoting : A new approach to developing visual communication ability, improving critical thinking and creative confidence for engineering and design students. 10 2017. doi : 10.1109/FIE.2017.8190659.
- [16] A. Paivio. *Mind and its evolution : A dual coding theoretical approach*. Psychology Press, 2014.
- [17] K. Perry, H. Weimar, and M. A. Bell. *Sketchnoting in school : discover the benefits (and fun) of visual note taking*. Rowman & littlefield, 2017.
- [18] D. Roam. *The Back of the Napkin : Solving Problems and Selling Ideas with Pictures*. Portfolio, 2009.
- [19] C. R. Sanchez. app-sketch. <https://app-sketch.sysadmin.fun/#/>, 2020. [En ligne ; accès 15-Juillet-2020].
- [20] L. Schwartz, L. Vergnol, G. Gronier, A. Vagner, T. Altenburger, and S. Battisti. Comment concilier agilité et conception centrée utilisateurs dans un projet de développement? In *Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, IHM '09, page 337–340, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery. ISBN 9781605584614. doi : 10.1145/1629826.1629881. URL <https://doi.org/10.1145/1629826.1629881>.
- [21] A. L. Strauss. Systematic coding in qualitative research. *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 27(1) :52–62, 1990.
- [22] J. M. Treptow. *Sketchnoting as a Reading Strategy : Effects on Motivation, Self-Efficacy, and Comprehension in a High School English Class*. PhD thesis, Arizona State University, 2020.
- [23] R. VanRullen. *Perception, decision, attention visuelles : ce que les potentiels évoqués nous apprennent sur le fonctionnement du système visuel*, In "*L'imagerie fonctionnelle électrique et magnétique : ses applications en sciences cognitives*". B. Renault. Paris : Hermes., 2004.

- [24] J. Vepsäläinen. *SurviveJS - Webpack : From apprentice to master*. 2017.
- [25] Wikipedia. REST. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Representational\\_state\\_transfer](https://fr.wikipedia.org/wiki/Representational_state_transfer), 2020. [Online ; accessed 15-Mars-2020].
- [26] Wikipedia. SQLite. <https://fr.wikipedia.org/wiki/SQLite>, 2020. [Online ; accessed 15-Juillet-2020].
- [27] Wikipedia. WebSocket. <https://fr.wikipedia.org/wiki/WebSocket>, 2020. [Online ; accessed 15-Mars-2020].
- [28] Wikipedia. xhr. <https://fr.wikipedia.org/wiki/XMLHttpRequest>, 2020. [Online ; accessed 03-Juillet-2020].
- [29] E. You. Vue.js. <https://fr.vuejs.org/v2/guide/comparison.html>, 2020. [Online ; accessed 21-Mars-2020].
- [30] E. You. Vue.js. <https://vuejs.org/>, 2020. [Online ; accessed 21-Mars-2020].